





Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
prof. dr. Matjaž Mikoš
Jakob Presečnik
MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
FGG Ljubljana: **doc. dr. Marjan Žura**
FG Maribor: **Milan Kuhta**
ZAG: **prof. dr. Miha Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Anka Holobar

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števk. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnem presledkom med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo.
6. Besedilo člankov mora obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; imena in priimke avtorjev; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (**priimek prvega avtorja, leto objave**). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA, ki se je ne oštevilčuje, so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani *od do*; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Pod črto na prvi strani – pri prispevkih, krajših od ene strani, pa na koncu prispevka – morajo biti navedeni podrobnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, navadni in elektronski naslov.
15. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, oziroma po e-pošti: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran 170

Franč Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

PROBLEMATIKA TUJIH VODA

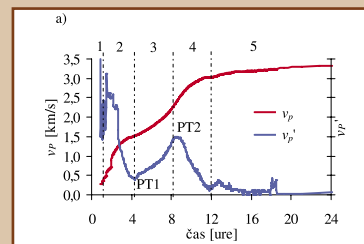
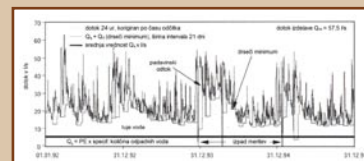
EXTRANEOUS WATER PROBLEMS

stran 180

dr. Gregor Trtnik, univ. dipl. inž. grad.

UPORABA ULTRAZVOČNE METODE ZA OCENO VEZANJA MATERIALOV S CEMENTNIM VEZIVOM

THE USE OF ULTRASONIC METHOD TO ESTIMATE THE SETTING
TIME OF CEMENT BASED MATERIALS



Novice s FGG UL

stran 188

izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

OBNOVLJEN KEMIJSKI LABORATORIJ INŠTITUTA ZA ZDRAVSTVENO HIDROTEHNIKO FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI



Zahvala ZDGITS

Napovednik ZAG Ljubljana

stran 190

Zaključni seminar projektov SPENS in ARCHES



Obvestila ZDGITS

Razpored strokovnih izpitov in pripravljalnih seminarjev

Novi diplomanti

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Usklajevanje višine stanovanjske stavbe z gradbenim dovoljenjem,
foto: Gašper Repanšek

PROBLEMATIKA TUJIH VODA

EXTRANEIOUS WATER PROBLEMS

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.
Sojerjeva 43, 1000 Ljubljana

Strokovni članek
UDK: 628.2

Povzetek | Tuje vode v kanalizacijskih omrežjih so znan in drag problem, s katerim se morajo spopadati vsi upravljavci in indirektno tudi uporabniki kanalizacijskih ter čistilnih naprav. Tuje vode povzročajo namreč negativne ekološke ter ekonomske posledice, saj nepotrebno dražijo gradnjo in obratovanje, predvsem pa hudo ovirajo ter občutno slabšajo delovanje teh naprav. Zato je treba ugotavljati izvore ter količine tujih voda in jim v največji možni meri preprečiti vdor v omrežja. Zmanjšanje količin tujih voda je zato osnovni korak pri zmanjšanju ter optimiranju obratovalnih stroškov čistilnih naprav.

Summary | In the sewer systems extraneous water is a known and expensive problem, the operators of sewer systems and sewer plants have to deal with. Extraneous waters have a negative ecologic and economic effect, because they unnecessarily rise the costs for construction and operation of sewer systems and furthermore hinder the proper function of sewer plants. Therefore, it is necessary to identify the sources and to quantify the amount of extraneous water in order to prevent the ingress into the systems. The reduction of the amount of extraneous water is the key point in optimizing and minimizing the operating costs of sewer plants.

1 • UVOD

Tuje vode lahko povežemo s samim nastankom prvih kanalizacijskih omrežij pred okoli 6500 leti, torej v mlajši kameni dobi. Čeprav nas v šolah trdovratno učijo, da so si tedaj naši predniki, oblečeni v kožo, znali le s kamni ali kiji razbijati glave, so arheologi, na primer, pri izkopavanjih pakistanskega mesta Mohenjo Daro za čuda odkrili, da je bilo to mesto že tedaj opremljeno z zelo modernim kanalizacijskim omrežjem za okoli 50.000 prebivalcev, na katerega so bila priključena stranišča, kopalnice ter kopališča. Fekalije so se izplakovale s padavinskimi odtoki s streh, z odtoki kopalnic pa tudi z vodo iz izvirov. Ostanke podobnih »modernih« kanalizacijskih naprav so arheologi našli tudi še v ostalih prastarih mestih, kot so na premer Ninive, Kartagina, Kreta, Knosos, Ur, Timgrad, na Akropoli, Olimpiji, Samosu itd. V Jeruzalemu še dandanes obstajajo kanalizacijske naprave, katerih začetki gradnje časovno sovpadajo z gradnjo Salomonovega templja (960 pr. n. št.). Zanimivo je, da so že tedaj odtoke kanalizacij speljali v lagune, iz

katerih so nato vodo ter blato uporabljali za namakanje oziroma gnojenje vrtov in poljedelskih površin. Torej so tudi prve biološke lagunske čistilne naprave z uporabo tega blata na kmetijskih področjih poznali in tehnično obvladali že pred začetkom našega štetja.

V strogem centru Celja se je v mojih študentskih časih, torej še pred nekaj desetletji, uporabljal pohodni pravokotni zidani opečni kanal iz rimskih časov. Ker je bilo Celje v vojnih viharah kasnejših stoletij nekajkrat porušeno in požgano, ima ta kanal ponekod že okoli osemmetrsko prekritje. Na nekaj mestih pa so arheologi pod to rimsko kanalizacijo odkrili še celo ostanke keltske kanalizacije.

S propadom Rimljanov in nastopom krščanstva so propadle tudi kanalizacijske naprave, in kar je še hujše, za stoletja je potonilo in propadlo tudi bogato strokovno znanje in izročilo naših pradednih prednikov.

Srednjeveške utrdbe in mesta so bila obzidana z obrambnimi zidovi, obdanimi z vodnimi jarki, ki so večinoma istočasno služili

tudi odstranitvi odplak in odpadkov. Znotraj mest so se odplake, fekalije ter odpadki kratko malo zlivali ali metali skozi okna hiš na ulice in dvorišča. Ulice z zadostnim podolžnim naklonom so fekalije ter odpadke površinsko ali v plitvih jarkih odvajale v nižje ležeče predele mest ali v najbližje vodotoke. Kjer naklon ulic ni zadostoval za tak odtok, pa so te odplake gnile, smrdele, ponikale in izhlapevale na licu mesta, v neposredni bližini vodnjakov. Ljudje in živali so gazili po neznosno smrdečih in razpadajočih odpadkih, ki so bili leglo mrčesa in golazni. Rezultat teh skrajno nehigijskih razmer so bile pogoste hude epidemije in pandemije (tifus, kolera, kuga itd.).

Tedanje razmere v srednjeveških mestih opisuje najnazornejše nekaj sledečih zgodovinskih epizod:

- Leta 1184 se je v grajski dvorani v Erfurtu gostila izbrana plemiška družba. Med zabavo so se sesula preperela lesena tla jedilnice v pod njo ležečo greznico. Večina gostov je nesposlljivo utonila v tej nesnagi. Sin cesarja Barbarose, poznejši cesar Heinrich IV, se je kot eden izmed redkih gostov še pravočasno uspel rešiti te usode s pravočasnim odskokom na trdna tla.

- Mestni magistrat v Nürnbergu je leta 1490 nastavil mestnega hlapca, ki je moral po ulicah zbirati in iz mesta odstranjevati crknjene prašiče, pse, mačke, kure, podgane ter ostalo golazen.
- Mestni očetje v Frankfurtu so bili na ulicah (med obiski sej magistrata oziroma mestne stolnice) stalno hudo izpostavljeni nepredvidenim »padavinam«, zato so končno leta 1573 strogo prepovedali izlivanje nočnih posod skozi okna hiš na ulice. Istočasno so prepovedali tudi rejo ter prosto gibanje prašičev po mestnih ulicah. Vsak prebivalec mesta je smel odslej v ograjenih stajah gojiti le največ 24 prašičev.
- Leta 1641 so tudi v Berlinu prepovedali prašičem prosto gibanje po ulicah. Vsak kmet, ki je po letu 1671 smel prodajati svoje kmetijske pridelke na berlinski mestni tržnici, je moral v zameno za to pravico po prodaji pridelkov odpeljati iz mestnega območja poln voziček odpadkov.

Spoznavanje vzrokov epidemij in pandemij je končno čez stoletja (sredi 19. stoletja) najprej v Angliji in nato v Nemčiji spodbudilo ponovno sistematično gradnjo kanalizacij.

Posledice gradenj kanalizacij so se izkazale v še hujših obremenitvah vodotokov. Že predhodno hudo porušeno biološko ravnotežje vodotokov, teh dodatnih, vedno večjih organskih ter kemičnih obtežb nikakor ni zmoglo. Vodotoki so postali okužene, gnijoče in smrdljive kloake. V blatu na dnu Temze se je pri razpadanju organskih snovi razvijal metan v tolikšnih količinah, da so se londonski otroci v drugi polovici 19. stoletja zabavali s sežiganjem plinskih mehurjev, ki so se vzgonsko dvigovali na površje reke. Očividci so trdili, da so ob tem sežiganju po gladini Temze švigali ognjeni zubli višine tudi do dveh metrov na razdaljah do preko sto metrov.

Tuje vode so bile od vsega začetka gradnje kanalizacijskih omrežij odlično uporabni hidravlični pripomoček za izboljšanje pretokov in izpiranje kanalov. Šele z začetkom gradnje čistilnih naprav (na primer v šestdesetih letih 20. stoletja v Nemčiji) pa postanejo tuje vode hitro naraščajoči hidravlični ter strokovni problem. Pod strokovnim pojmom tujih voda se na področju zbiranja, odvajanja ter čiščenja odpadnih voda označujejo čiste ali malo onesnažene vode iz kanalizacijskega omrežja, ki niso potrebne čiščenja, zato pa glede na njihovo kvantiteto otežujejo, podražijo in slabšajo

delovanje razbremenilnih ter čistilnih naprav ter so glede zaščite vodotokov nezaželeno.

Leta 1977 se za izračun razbremenilnih naprav v smernicah ATV – A 128 prvič priporoči uporaba specifičnega dotoka tujih voda (Fremdwasserspense): $q_F = 0,15 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}_{\text{red}})$, v kolikor ni znan dejanski dotok tujih voda. Na žalost je iz tega priporočila nastalo strogo pravilo, katerega se projektanti slepo držijo ne glede na ekonomske in ekološke posledice.

Čeprav se s problemom tujih voda borijo na vseh čistilnih napravah, pa so obširne raziskave dejanskih količin tujih voda v strokovni literaturi zelo redke. Količine tujih voda so namreč delež sušnega odtoka in se zato ne dajo direktno meriti, temveč se jih mora ugotavljati na podlagi skupnih meritev sušnih odtokov. Poleg tega količina tujih voda dolgoročno in v določenih letnih obdobjih hudo niha (taljenje snega, dolga deževna obdobja, nihanja gladine podtalnice itd.). Izračun občinskih dajatev za odvajanje ter čiščenje odpadnih voda (Abwasserabgabe) v Nemčiji se praviloma vrši na podlagi dejanskih pretočnih količin. Zaradi različnih deležev tujih voda v različnih kanalizacijskih omrežjih lahko te občinske dajatve zato medsebojno bistveno odstopajo.

2 • KAJ SPADA POD POJEM TUJIH VODA?

Navkljub pogosti uporabi tega strokovnega pojma v zakonodaji, smernicah ter napotkih stroge definicije pojma tujih voda v njih ne zasledimo. Šele DWA – delovna skupina ES-1.3, je za tuje vode, tako ločenega kakor tudi mešanega sistema kanalizacij, razvila sledečo definicijo:

Tuje vode so skozi kanalizacijske ter čistilne naprave tekoče vode, katerih lastnosti niso spremenile hišne, obrtniške, kmetijske ali druge vrste uporabe. Pod tuje vode tudi ne spadajo zbrani ter načrtno v omrežje uvajani padavinski odtoki iz zazidalnih ali utrjenih površin. Tuje vode na podlagi svoje kvalitete ne potrebujejo čiščenja. Na podlagi svoje kvantitete pa nepotrebno otežujejo in slabšajo delovanje naprav in so zato v smislu zaščite vodotokov škodljive.

Pri mešanem sistemu kanalizacije se torej med tuje vode ne prištevajo načrtno uvajani padavinski odtoki utrjenih površin. Tuje vode pa so:

- zaradi nevodotesnosti kanalov vdirajoča podtalnica,

- drenaže,
- izviri, potoki ter
- hladilne vode.

Pri ločenem sistemu kanalizacije so tuje vode vsi dotoki, uvajani v sušni kanal, katerih lastnosti se zaradi njihove uporabe niso spre-

menile. Poleg že zgoraj navedenih tujih voda mešanega sistema spadajo torej med tuje vode v sušnem kanalu tudi padavinski odtoki iz utrjenih površin.

Nekateri avtorji (Brombach, 2004) označujejo odpadne vode, ki zaradi nevodotesnosti kanalizacijskega omrežja ponikajo v podzemlje kot »negativne tuje vode«.

DWA – delovna skupina ES-1.3 – podaja v preglednici 1 sledeče oznake za količine in deleže tujih voda:

* tuje vode (Fremdwasser):	Q_F	v l/s ali m ³ /dan
* sušni odtok (Trockenwetterabfluß):	Q_T	v l/s ali m ³ /dan
* odtok odpadnih voda (Schmutzwasserabfluß):	Q_S	v l/s ali m ³ /dan
* delež tujih voda (Fremdwasseranteil):	$FWA = (Q_F/Q_T) \times 100 \text{ v } \%$	
* dodatek tujih voda (Fremdwasserzuschlag):	$FWZ = (Q_F/Q_S) \times 100 \text{ v } \%$	
* preračun FWZ v FWA (Umrechnung):	$FWA = 1 - (1/(FWZ + 1))$	
* preračun FWA v FWZ (Umrechnung):	$FWZ = 1/(1 - FWA) - 1$	

Preglednica 1 • Oznake za količine in deleže tujih voda

Odtok se pri tem klasično definira kot prostorninski odtok na časovno enoto. Glede na navedeno definicijo delež tujih voda (FWA) ne more nikoli doseči 100 %, dočim lahko dodatek tujih voda (FWZ) preseže tudi 100-odstotno vrednost.

Nemški statistični urad že dolga leta skuša podajati merilne vrednosti deleža tujih voda, vendar je način ugotavljanja teh podatkov precej dvomljiv, saj – kakor se navaja – so ta števila »v določenih primerih (le) skrbno ocenjena«.

Kakor ugotavlja prof. Brombach (Brombach, 2004) na podlagi teh podatkov za leto 1998,

je problem tujih voda v Nemčiji površinski fenomen, ki je izrazitejši na jugozahodnem kakor na severovzhodnem področju države. To se pretežno prekriva z razporeditvijo padavinske izdatnosti. Povprečni dodatek tujih voda za celotno področje Nemčije znaša po teh podatkih $FWZ_{BRD1998} = 40,3 \%$, kar odgovarja deležu tujih voda $FWA_{BRD1998} = 28,7 \%$. (Kakor bo razvidno iz nadaljevanja, so ti podatki prenizki, saj so izračunani na podlagi podatkov za obdavčitve (Abwasserabgabe)).

Odpadnim vodam, ki odtekaajo v omrežju, ni mogoče določiti njihovega izvora, saj se tuje

vode takoj in dobro pomešajo s »pravimi« odpadnimi vodami. Delež tujih voda se lahko določi le indirektno ter s približki na podlagi meritev pretokov. Praviloma razpolagamo z največjo gostoto in natančnostjo potrebnih podatkov v obratovalnih dnevnikih na čistilnih napravah. Zatorej naj se z analizami situacij tujih voda prične na čistilnih napravah. Meritve tujih voda na omrežju so zelo zahtevne in drage, zato se običajno izvajajo le takrat, ko je očitno, da na določenih odsekih nastopajo večje količine tujih voda.

3 • DELEŽ TUJIH VODA V DOTOKU ČISTILNE NAPRAVE

Leta 1982 se je na 434 bavarskih čistilnih napravah analiziral delež tujih voda v sušnem dotoku. Pri tem se je ugotovilo, da znaša delež tujih voda v skupnem povprečju 50 %

količine sušnega odтока brez tujih voda, kar odgovarja okoli 33 % celotnega sušnega dotoka. Pri izračunu tega povprečja je bilo upoštevano, da znaša delež tujih voda pri

161 bavarskih čistilnih napravah celo med 50 in 130 %!

Kasnejša izrednotenja in analize (Greiner, 1983) so pokazala, da so ti zastrašujoči deleži tujih voda dejansko še znatno višji. Pri tem je važna točna definicija pripadajočih vrednosti (preglednici 2 in 3).

*	dotok čistilne naprave	-	zaračunana količina odpadnih voda	=	razredčitvena količina
	A	-	B	=	V
*	delež padavinskega dotoka	+	tuje vode	=	razredčitvena količina
	R	+	F	=	V
*	letna količina sušnega dotoka po Zakonu o dajevah za odpadne vode (Abwasserabgabegesetz)	-	zaračunana količina odpadnih voda	=	tuje vode
	C	-	B	=	V

Preglednica 2 • Definicija pripadajočih vrednosti

Za oceno in primerjavo različnih omrežij se lahko tvorijo sledeča razmerja:	V raziskanih omrežjih nihajo vrednosti	
	od	do
V/A = razredčitvena količina/dotok čistilne naprave	0,57	0,88
V/B = razredčitvena količina/zaračunana količina odpadnih voda	1,32	7,50
V/C = razredčitvena količina/letna količina sušnega dotoka po Zakonu o dajevah za odpadne vode (Abwasserabgabegesetz)	1,02	1,26
C/B = letna količina sušnega dotoka po AWAG/zaračunana količina odpadnih voda	1,67	4,42
F/B = tuje vode/zaračunana količina odpadnih voda	0,71	3,37

Preglednica 3 • Razmerja za primerjavo različnih omrežij

4 • POSTOPKI DOLOČANJA KOLIČIN TUJIH VODA

Metode za določanje odtokov tujih voda niso normirane ali opisane v smernicah, zato se v praksi uporabljajo različni postopki (Fuchs, 2003).

4.1 Metoda letnih odpadnih voda (Jahresschmutzwasser – Methode)

Pogosto se uporablja ta najenostavnejša metoda. Količina tuje vode se določa kot diferenca tako imenovane količine letnih odpadnih voda JSM (ki odgovarja sušnemu odtoku ($Q_{s,a} + Q_{f,a}$)) ter na podlagi skupne porabe pitne vode ugotovljene količine odpadnih voda. Za identifikacijo sušnih dni se uporabljajo navedbe iz obratovalnega dnevnika (Betriebstagebuch) čistilne naprave.

Vir napak pri tej metodi je odčitavanje dnevnih odtočnih količin pri različnih urah oziroma v različnih dnevnih obdobjih. Zato so praviloma ti dnevni odtoki zaporednih dni previsoki ali prenizki. Poleg tega podlegajo podatki o vremenu subjektivnim ocenam. Medtem ko se lahko pri majhnih vplivnih področjih enostavno določi obdobja dežja in neviht za celotno območje, pa se nasprotno pri velikih vplivnih področjih le težko ugotavljajo padavine, ki nastopajo samo na omejenih delih vplivnih področij. Običajno se po tej metodi tudi ne upošteva zvišani odtok tujih voda zaradi spomladanskega taljenja snega ali padavinskih odtokov še po prenehanju padavin (Regennachlauf). Ti sezonski vplivi

se lahko upoštevajo samo, če se upošteva vsak posamezni sušni dan, kar pa v praksi ni običajno.

4.2 Metoda nočnega minimuma

Najpogostejše uporabljena metoda za določanje tujih voda je merjenje nočnih pretokov nekaj ur čez polnoč. Pogosto se ta količina direktno označuje s tujo vodo. Večina meritev pa predvideva še dodatno odštetje deleža odpadnih voda. Slabost te metode je pravilna izbira dneva meritev. Za določanje obdavčitve (Abwasserabgabenerklärung) se v deželi Baden-Württemberg zahteva najmanj ena meritev tujih voda na mesec, pri čemer mora znašati obdobje med dvema meritvama vsaj 14 dni. Vendar se dovoljuje tudi pogostejše merjenje. Možno je celo dnevno merjenje, pri čemer je dopusten izračun letne količine tujih voda na podlagi izbire dni z najmanjšimi odtoki.

Metoda nočnih meritev funkcioniira podobno kot metoda letnih odpadnih voda samo v sušnih dneh. Na to metodo ne vpliva ocena vrste vremena, saj bazira izračun na posameznem dnevu meseca z najmanjšim nočnim odtokom. Pri tem z visoko verjetnostjo ta minimalni pretok »pade« na sušni dan.

4.3 Metoda drsečega minimuma

Metoda drsečega minimuma določa delež tujih voda na celotnem odtoku tako, da za

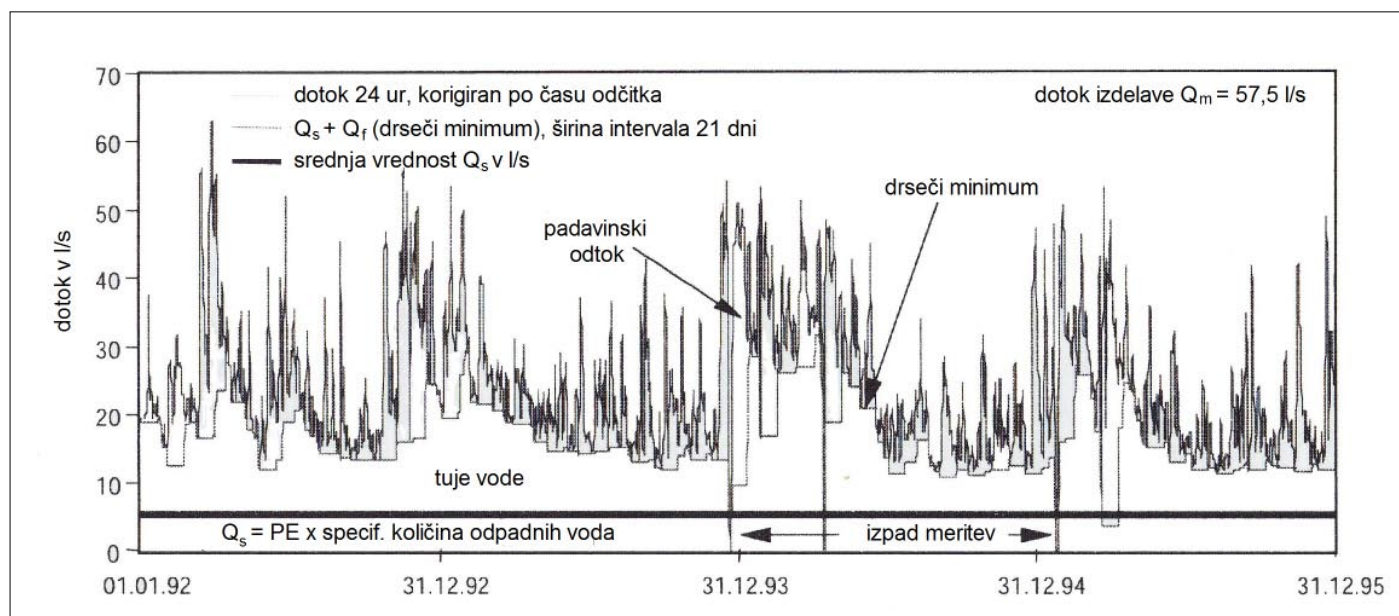
vsak dan obdobja raziskav sušnega odtoka določi najmanjši povprečni dnevni odtok iz zadnjih 21 dni. Če se od tega dnevnega odtoka odšteje predvidena konstantna količina odpadnih voda, preostane kot razlika za vsak dan leta izračunani dotok tujih voda. Slika 1 kaže krivuljo dnevnih dotokov čistilne naprave s spodaj vrisano krivuljo tujih voda.

Po tej metodi se predpostavlja, da potekajo nihanja odtokov tujih voda za eno velikostno skupino počasneje od odtočnih konic padavinskih odtokov. Poleg tega se predpostavlja, da je med zadnjimi 21 dnevi nastopilo vsaj enkrat sušno vreme, tako da se na tak dan sestoji pretok iz samo sušnih ter tujih voda. Če izključimo način določitve sušnega odtoka, bazira ta metoda izključno samo na merjenih dotokih čistilne naprave in je zato neodvisna od vseh samovoljnih vplivov (na primer subjektivnih označb vremena).

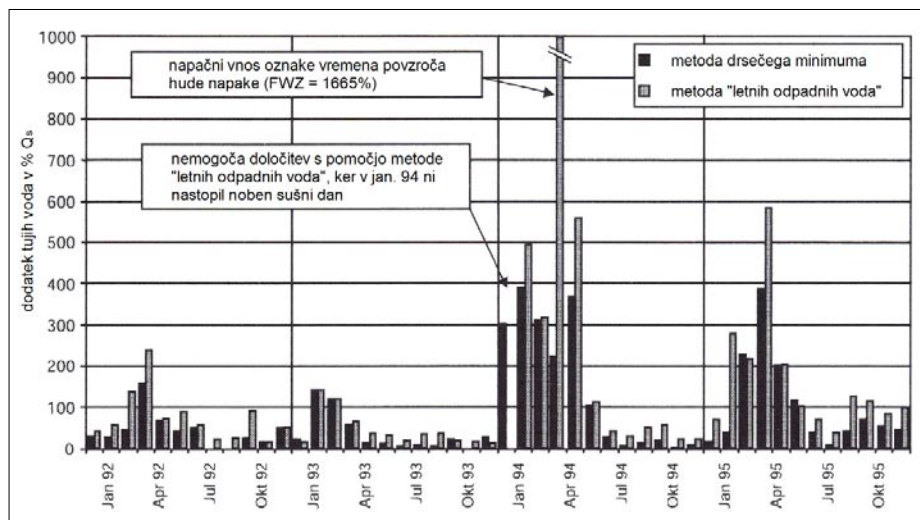
Izbira ustreznega časovnega obdobja za določanje najmanjšega povprečnega dnevnega odtoka je pokazala, da zelo kratka obdobja izpod 14 dni povzročajo zvišanje dodatka tujih voda, dočim podajajo obdobja iznad 21 dni praktično enake rezultate, zato naj se kot standardno obdobje prevzame 21 dni. Praviloma se tako izključi metodološko previsoko ocenjeni dodatek tujih voda (FWZ).

4.4 Medsebojna primerjava metod

Primerjava metode z drsečim minimumom in metode letnih odpadnih voda je bila izvedena na primeru ene čistilne naprave (Fuchs, 2003). Iz slike 2 je razvidno, da podaja metoda letnih odpadnih voda višje vrednosti kakor metoda z



Slika 1 • Primer ugotavljanja tujih voda po metodi drsečega minimuma



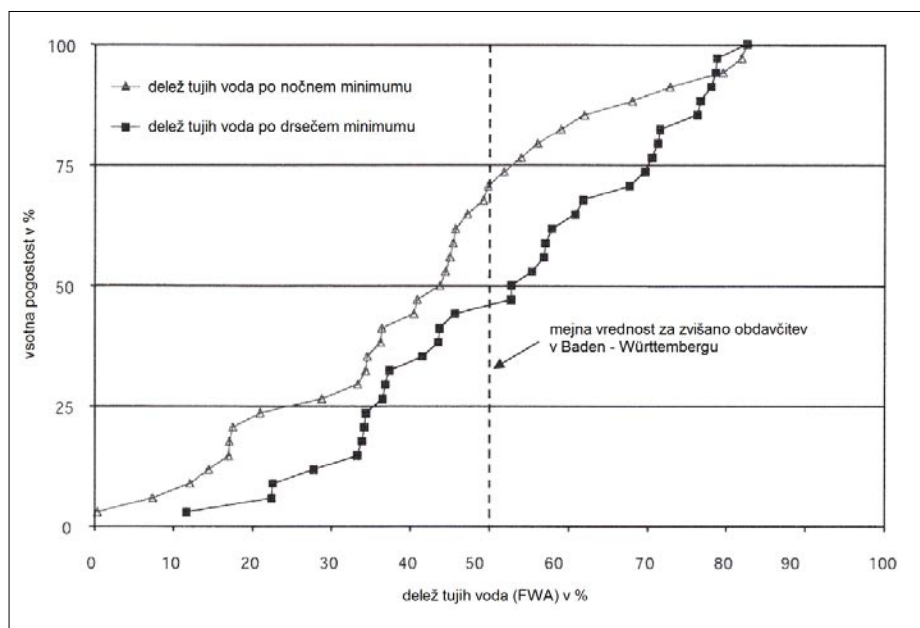
Slika 2 • Primerjava metode z drsečim minimumom in metode letnih odpadnih voda

drsečim minimumom. Poleg tega je razvidno, da metoda letnih odpadnih voda podlega znatno bolj možnim napakam, kakor to dela metoda z drsečim minimumom. Na primer za januar 1994 ni možna ugotovitev deleža, saj v obratovalnem dnevniku čistilne naprave ni označen niti en sušni dan. V aprilu je sicer podan en sušni dan (brez padavin), vendar pa je bil dnevni pretok višji kakor v sledečih dneh s padavinami.

Glavni problem metode letnih odpadnih voda je torej ločitev sušnega odtoka ter padavinskega odtoka po prenehanju padavin (Regennachlauf). Dokler na določeni čistilni napravi

traja posamezni padavinski odtok po prenehanju padavin (Regennachlauf) do sedem dni na mesec, je uporabnost metode letnih odpadnih voda omejena. Nadalje je količina odpadnih voda običajno ocenjena prenizko, saj se upoštevajo samo ekstremno sušni dnevi.

Za določanje obdavčitve (Abwasserabgabenerklärung) se v deželi Baden-Württemberg praviloma uporablja metoda nočnega minimuma. Na sliki 3 je podan delež tujih voda na 34 čistilnih napravah v Baden-Württembergu. Jasno je razvidno, da po metodi nočnega minimuma pogostosti deležev tujih



Slika 3 • Primerjava metode z drsečim minimumom in metode nočnega minimuma (odgovarja podatkom za določanje obdavčitve (Abwasserabgabenerklärung)) (drug poleg drugega ležeče točke krivulj niso vedno podatki za isto čistilno napravo)

voda leže znatno izpod meje za 50 %. Ta fenomen je verjetno možno razložiti s tem, da je pri deležih tujih voda iznad 50 % v Baden-Württembergu treba plačevati znatno višje dajatve (Abwasserabgabe). 50-odstotni delež tujih voda (FWA) pomeni 100-odstotni dodatek tujih voda (FWZ).

Metoda drsečega minimuma nima teh slabosti. Torej kaže najobjektivnejše dejanske rezultate.

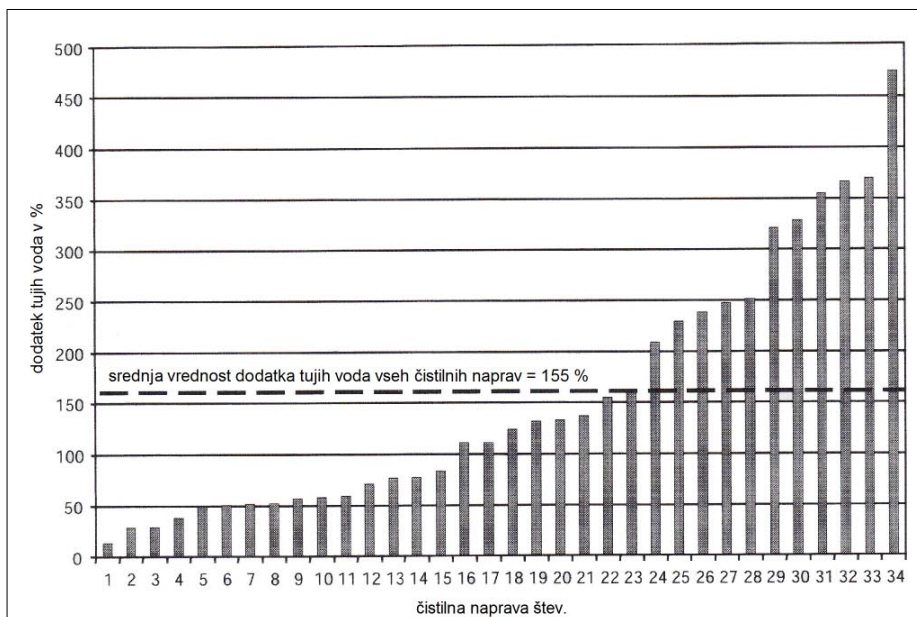
Po prof. Brombachu je na podlagi podatkov Zveznega statističnega urada (Statistische Bundesamt) iz leta 1998 ugotovljen za Baden-Württemberg delež tujih voda (FWA) med 50 in 60 %. Na sliki 4 so izračunani in sistematično podani dodatki tujih voda (FWZ) na 34 raziskanih čistilnih napravah v Baden-Württembergu v obdobju štirih let. Po teh podatkih znaša srednja vrednost dodatka tujih voda na vseh čistilnih napravah 155 %, kar odgovarja 60-odstotnemu deležu tujih voda v 4-letnem povprečju. Ta vrednost leži iznad tolerančnega praga za zmanjšano obdavčitev v Baden-Württembergu (50 %). Pri 11 od 34 čistilnih naprav je ta srednja vrednost izdatno prekoračena (tudi do 450 %!!), čeprav 4-letno obdobje še dodatno precej poreže te vrednosti konic.

Slika 5 kaže, da »padavinska« leta močno vplivajo na količino tujih voda.

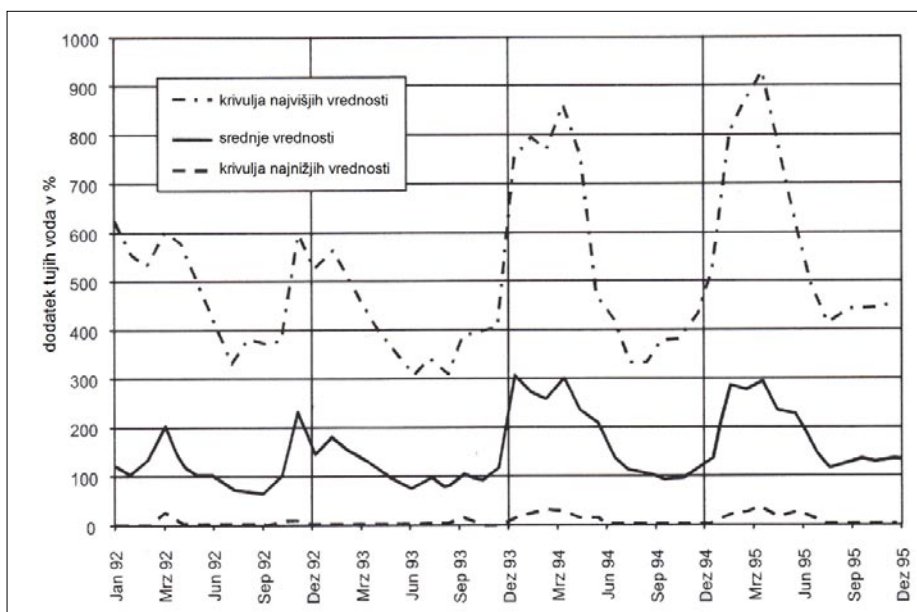
Navkljub vsakoletnim različnim vremenskim situacijam in situacijam tujih voda je na sliki 5 tudi jasno razviden isti letni osnovni ritem po celi deželi, saj najvišji pretoki tujih voda nastopajo povsod od decembra do aprila z najvišjo konico okoli sredine marca, medtem ko je v poznem poletju najnižja. S padavinami bogati leti 1994/1995 se precej razlikujeta od bolj suhih let 1991/1993.

Medsebojna primerjava metod in njihovih rezultatov (Fuchs, 2003) kaže torej sledeče:

- Določanje dotokov tujih voda v kanalizacijskih omrežjih zahteva metode, ki omogočajo določanje realnih okoliščin in sezonskega nihanja dotokov, po možnosti neodvisno od samovoljnih vplivov. Etabilirane metode dovoljujejo take ocene le pogojno.
- Dandanes v Nemčiji na skoraj vseh čistilnih napravah nameščene kontinuirane meritve pretokov omogočajo zelo izčrpne podatke o kanalizacijskem sistemu. (Slovenske čistilne naprave se topogledno namenoma nahajajo še v ledeni dobi. Vzroke zato glej (Maleiner, 2009).) To zbirko podatkov bo treba s pomočjo ustreznih instrumentov v bodoče še bolje izkoriščati, da se bodo količine tujih voda lahko določale boljše ter natančnejše.
- Prikaz srednjih vrednosti v obdobjih nekaj let in za večja vplivna področja lahko zakrijejo



Slika 4 • Dodatki tujih voda (FWZ) v Baden-Württembergu raziskanih čistilnih naprav v štiriletnem povprečju



Slika 5 • Mesečne vrednosti dodatkov tujih voda vseh 34 čistilnih naprav; krivulje zgornjih, spodnjih ter srednjih vrednosti

dejanski velikostni red problema tujih voda, ker se s tem nivelirajo in prekrijejo prostorska ter časovna nihanja vrednosti.

- Uporaba statistično močno niveliranih srednjih vrednosti ali celo omalovaževanje količin tujih voda zaradi »škiljenja« na omejitvene zahteve obdavčenja (Abwasserabgabe) niso dobra osnova učinkovite zaščite vodotokov in s tem našega okolja.

5 • VPLIV TUJIH VODA NA SISTEM MESTNE KANALIZACIJE

Med sušnim odtokom v mešanem sistemu kanalizacije tečejo tuje vode v celoti na čistilno napravo. Med padavinskim odtokom se občasno skupno z razbremenilnim odtokom preliva preko razbremenilnih naprav v

vodotoke tudi del tujih voda. Pri skupni prelivni količini 2100 m³/leto znaša delež tujih voda okoli 607 m³/leto, kar pomeni, da okoli 83 % celotne letne količine tujih voda dosega in obremenjuje čistilno napravo.

V ločenem sistemu naj bi se poti tujih voda ločile že v izvoru. Izkušnje kažejo, da zaradi napačnih priključkov (na primer drenaž na globlje ležeči sušni kanal) površinskih odtokov skozi odprtine pokrovov itd. prispe preko sušnega kanala na čistilno napravo okoli 70 % količine tujih voda. (Prof. Imhoff predlaga v svojem priročniku celo 100-odstotni dodatek tujih voda (FWZ)).

Previsoke količine tujih voda, ki presegajo hidravlično zmogljivost čistilne naprave, se morajo zato nekje neočiščene (po možnosti neopazno) prelivati v vodotoke. Fenomen tega »neopaznega« prelivanja sušnih kanalov se v ZDA označuje s strokovnim pojmom: SSO = Sanitary Sewer Overflow.

Širina nakazanih odtočnih poti ter poleg njih napisana števila na sliki 6 odgovarjajo srednjemu odtočnemu volumnu v m³ na leto iz 1 hektarja nepropustnih vplivnih površin v smislu ATV – A 128 (1992). Pri tem znaša gostota poselitve 63 PE/hau ter poraba pitne vode 130 l/(PE.dan).

5.1 Kanalizacijsko omrežje

Dokler pretoki tujih voda niso omejevali ali presegali hidravličnih zmogljivosti cevi in na koncu omrežja še niso bile predvidene čistilne naprave, so tuje vode pozitivno delovale na kanalizacijsko omrežje, saj so spirale omrežja ter tako preprečevale smrad in zagnitje organskih usedlin. Za zaščito kletnih prostorov pri visokih gladinah podtalnice so se pogosto na mešane in sušne kanale nekontrolirano priključevale hišne drenaže. V namen občasnega spiranja sušnih kanalov so se v ločenem sistemu na začetni jašek zbiralnikov pogosto (»neuradno«) priključevali tudi posamezni odtoki strešnih površin. Zato so neredko med padavinami hidravlične konicе velikosti nekajkratnega sušnega odтока preplaknile in »očistile« čistilne naprave ločenega sistema.

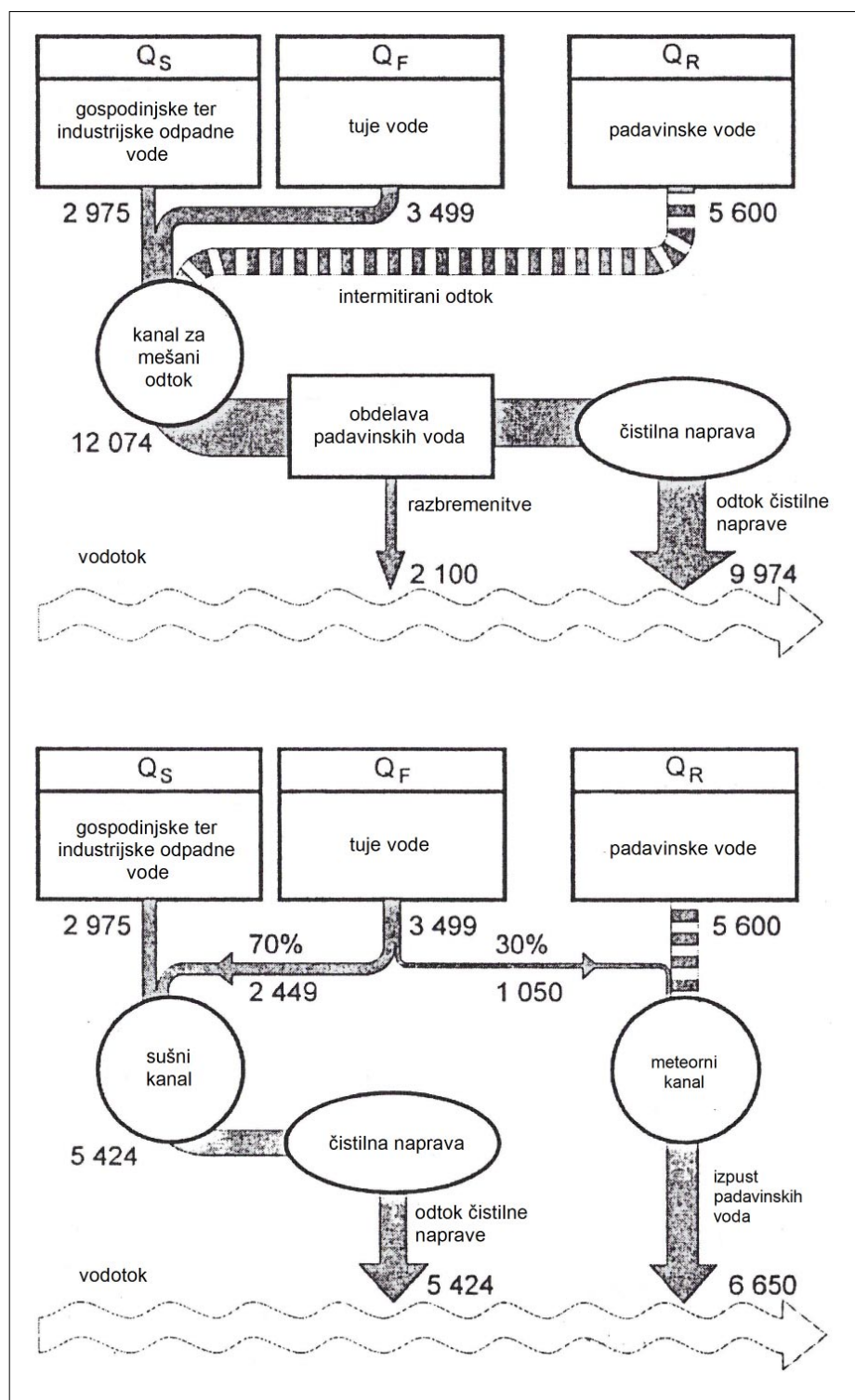
Ti »stari grehi« se v Nemčiji skušajo pospešeno in kolikor je le možno sanirati. Kontrola nepravilnih priključkov, drenaž itd. je težavna, saj priključki praviloma ležijo na privatnih parcelah.

Dočim je v mešanem sistemu hidravlična preobremenitev omrežja zaradi tujih voda praviloma zanemarljiva, pa lahko tuje vode v sušnih kanalih (z znatno manjšimi premeri cevi) povzročajo tudi zajezižve ali celo preplavitve kletnih prostorov.

Pri meteornih kanalih ločenega sistema kanalizacije pa so zmerni priključki tujih voda običajno še vedno koristni.

5.2 Razbremenilne naprave

Za »rojstvo« državo pretočnih bazenov, Švico, nimam podatkov o številu njihovih bazenov. V nemških kanalizacijskih omrežjih pa trenutno obratuje že preko 40.000 bazenov različnih vrst. Od tega je okoli 25.000 pretočnih bazenov (RÜB) ter 2000 bazenov za čiščenje deževnice v ločenem sistemu (RKB). Torej je



Slika 6 • Poti tujih voda v mešanem (zgornji) ter ločenem (spodnji) sistemu (Brombach, 2004)

od leta 1970, ko so se v Nemčiji začeli graditi ti bazeni, na razpolago dovolj strokovnih in obratovalnih izkušenj.

Odtoki pretočnih bazenov (RÜB) so praviloma zelo dušeni, zato so tudi dobro opazne posledice previsokih količin tujih voda. Taki bazeni

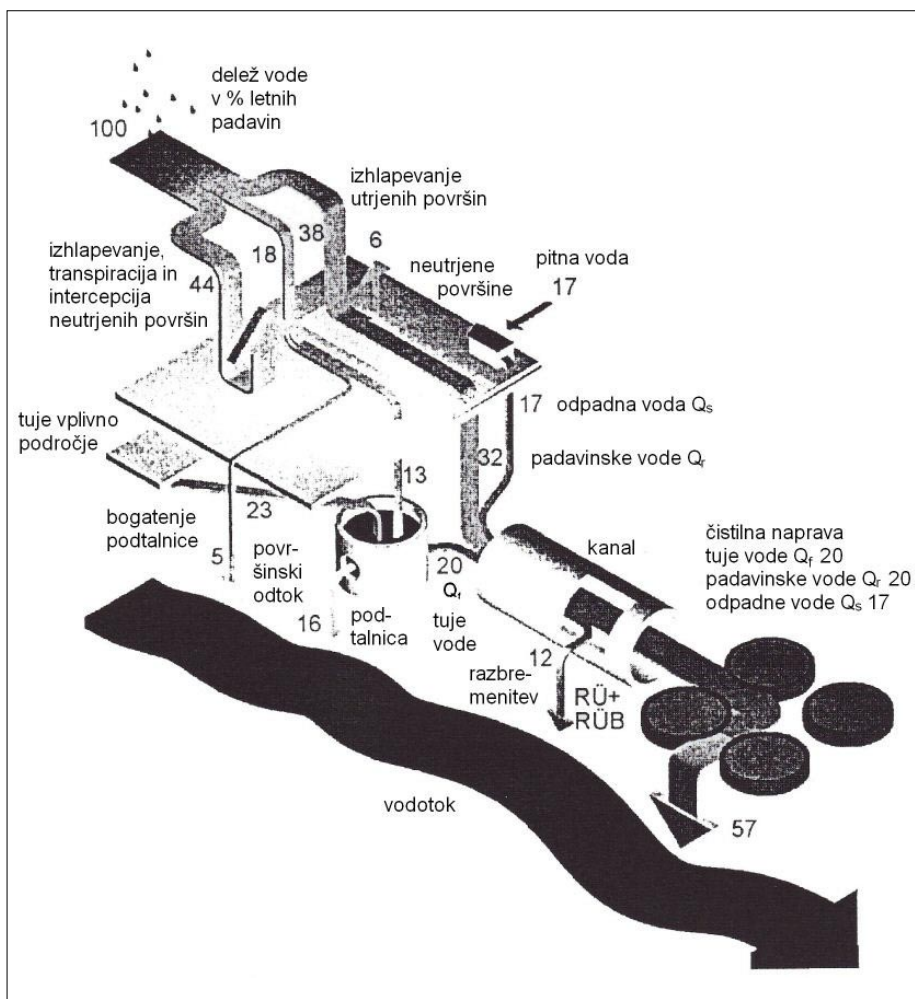
ostajajo dolgo polni, pogosto prelivajo in se proti koncu zime pogosto tudi po nekaj tednov ne izpraznijo. Zato so pri ATV-DVWK-ES-1.3 (2004) sestavili preglednico 4 indecev za močno zvišani dotok tujih voda na pretočnih bazenih.

število dni z razbremenjevanjem	več kot 30 dni na leto
trajanje preliivanja pri lovilnih bazenih (Fangbecken)	več kot 150 ur na leto
trajanje preliivanja pri bazenih s čistilnim pretokom (Durchlaufbecken)	več kot 300 ur na leto
čas praznjenja po koncu padavin	več kot 24 ur

Preglednica 4 • Indici za močno zvišani dotok tujih voda na pretočnih bazenih

srednji dotok pri sušnem vremenu $Q_{T,d,mM}$	večji kot 300 l/(PE · dan)
kemično potrebni kisik $C_{KPK,mM}$	manjši kot 400 mg/l
Kjeldahl dušik $C_{TKN,mM}$	manjši kot 35 mg/l
nitrat $C_{NO3-N,mM}$	manjši kot 5 mg/l
fosfor $C_{P,mM}$	manjši kot 6 mg/l

Preglednica 5 • Indici za močno zvišani dotok tujih voda na čistilnih napravah



Slika 7 • Poti padavinskih voda in pitne vode (v %) v mešanem sistemu (Brombach, 2004)

V izračunu zadrževalne prostornine pretočnih bazenov (RÜB) po ATV – A 128 (1992) se namenoma nadpovprečno upoštevajo količine tujih voda, da se na ta način omeji pogostost preliivanja in omeji prelivna količina. Prekomerna količina tujih voda povzroča torej znatno zvišanje gradbenih ter vzdrževalnih stroškov za razbremenilne naprave.

5.3 Čistilne naprave

Čistilne naprave so pri mešanem ter ločenem sistemu različno obtežene, vendar je razlika med 83 % in 70 % letnih količin tujih voda praktično zanemarljiva. Na splošno velja, da povzročajo večji dotoki tujih voda sorazmerno večje težave na čistilnih napravah, saj tuje vode redčijo dotok in zvišujejo njihovo hidravlično obtežbo. Najpogostejši problem povzroča previsok dotok tujih voda pri efikasni razgradnji dušičnih spojin, saj pri 70-odstotnem izkoristku tovara sestavin (Frachtwirkungsgrad) ni več možna eliminacija dušika (Brombach, 2004). Zato so pri ATV-DVWK-ES-1.3 (2004) sestavili preglednico 5 indicov za močno zvišan dotok tujih voda v čistilnih napravah.

5.4 Učinek tujih voda v naravnem krogotoku voda

Na sliki 7 je prikazana bilanca celotnega vodnega proračuna (Wasserhaushalt) urbanega področja v mešanem sistemu (Brombach, 2004). Pri tem se predpostavlja in izhaja iz povprečnih okoliščin, in sicer:

- iz 38 % nepropustnih površin,
- iz količine porabljene pitne vode, ki se v razmerju 1 : 1 spremeni v odpadne vode,
- predpostavlja se, da največji del padavin, ki padejo na nepropustne površine, zopet izhlapi (44 %), pronica v podtalnico (13 %) ali površinsko odteka (5 %),
- podtalnica vdira v omrežje (20 %), kar odgovarja 118-odstotnemu dodatku tujih voda (FWZ) oziroma 52-odstotnemu deležu tujih voda (FWA).

6 • UGOTAVLJANJE TUJIH VODA V OMREŽJU

Vir previsokih količin tujih voda v omrežju se prične običajno iskati šele na podlagi opažanj posledic hidravličnih preobremenitev ter na podlagi naraščajočih oziroma visokih obračevalnih stroškov črpališč ter čistilnih naprav. Z modernimi televizijskimi kamerami ter pnevmatičnimi preveritvami cevni stikov v sklopu rednega čiščenja ter vzdrževanja kanalizacijskih objektov se dandanes lahko enostavno ter hitro odkrijejo ter tesnijo večji vdori podtalnice v omrežje (kakor tudi »izgube« odpadnih voda v podzemlje). Te preveritve se priporoča izvajati po prenehanju močnih padavin ter pri visokih vodostajih podtalnice, saj so takrat mesta teh vdorov najopaznejša. Na zazidalnih področjih s plitvo gladino podtalnice je še posebno priporočljiva striktna namestitve hišnih priključnih jaškov. Ti jaški omogočajo redni pregled količin odtokov.

Če hišni priključni jaški niso bili predvideni in nameščeni, se lahko opažajo ter ocenijo dotočne količine s pomočjo televizijske kamere tudi na posameznih cevni hišnih priključkih na zbiralnikih.

V praksi se praviloma ugotavljajo sledeči vzroki tujih voda:

- pri starejših kanalih:
 - cevi hišnih priključkov (DN 150 mm) so nepravilno vstavljene (na primer štrlijo v pretočne profile zbiralnikov itd.) v naknadno izrezane priključne odprtine na cevi zbiralnika (DN ≥ 300 mm),
 - cevi hišnih priključkov (DN 150 mm) so slabo tesnjene,
 - pogosto na slabo izdelanih priključkih, cevni spojkah oziroma cevni razpokah opažamo tudi vdor in razraščanje korenin,

- zaradi statičnih ter dinamičnih vplivov so pogosto poškodovane spojke ter cevi zbiralnikov (odlomi, razpoke itd.),
- zaradi kemičnih vplivov so betonske cevi porozne ali korozijsko razjedene (na primer na Barju),
- nedopustni priključki drenaž, studencev, izvirov, vodohrantskih prelivov itd.,
- premiki ter nefesnost cevi in spojk zaradi različnih, neenakomernih posevkov tal (razpiranje spojk),
- pri novejših kanalih:
 - nepravilno izvedeno stikanje cevi,
 - nepravilna uporaba tesnil,
 - slaba kvaliteta cevi,
 - napačni oziroma zamenjani priključki na oba zbiralnika v ločenem sistemu,
 - nekvalitetne cevi in nekvalitetno izdelani hišni priključki v privatnih zemljiščih, saj se le-ti običajno nabavljajo in polagajo v »lastni režiji« (čim ceneje) brez ustreznega nadzora ter preizkusov vodotesnosti.

7 • STROŠKI TUJIH VODA

Ker želim prikazati velikostni red količin tujih voda, se bom ob pomanjkanju dejanskih merjenih podatkov – pri sledečem teoretičnem izračunu optimalnih količin pretoka za ljubljansko čistilno napravo – opiral na ATV – DVWK-A198:

Velikost: 360.000 PE

Spec. poraba

vode: 150 l/Pxdan

$Q_{S,QM} = 360.000 \times 150 / 86.400 = 625 \text{ l/s}$

$f_{S,QM} = 6$ (brez obdelave padavinskih vod)

FWZ: 100 %

$Q_M = f_{S,QM} \times Q_{S,QM} + Q_{F,QM} = 6 \times 625 \text{ l/s} + 625 \text{ l/s} = 4375 \text{ l/s}$

Pri tem izračunu sem upošteval le 100-odstotni dodatek tujih voda (FWZ), čeprav so nemške meritve na znatno kakovostnejših kanalizacijskih omrežjih v Baden-Württembergu podale srednjo vrednost 155 % FWZ! Vsekakor znaša dejanski pritok tujih voda na ljubljansko čistilno napravo (predvsem zaradi hude nevodotesnosti ljubljanskega omrežja) znatno preko izračunanih 625 l/s (= 2250 m³/h = 54.000 m³/dan).

Na podlagi uradnih podatkov (VOKA, 2005) znaša maksimalna hidravlična obremenitev že (za končno zmogljivost 360.000 PE) zgrajene ljubljanske čistilne naprave nasprotno le **1806 l/s**, pri čemer se je očitno upošteval dodatek tujih voda (FWZ), ki je manjši od 100 %. Prekomerne količine tujih voda povzročajo poleg zvišanja investicijskih ter obratovalnih stroškov črpališč ter čistilnih naprav tudi zvišanje obdavčitve (Abwasserabgabe) na podlagi ugotovljenih, znatno večjih letnih količin odpadnih voda. S sanacijo nevodotesnih kanalov ter zmanjšanjem količine tujih voda se torej ti skupni stroški lahko občutno reducirajo. Vsak upravljavec čistilnih naprav si lahko enostavno ter hitro predoči prednosti oziroma ekonomsko mejo izločitve tujih voda (Greiner, 1983). Na določeni čistilni napravi je treba ugotoviti le sledeče parametre:

- stroške črpanja odpadnih voda,
- stroške mešanja dodatnih tujih voda v biologiji (okoli 15 Watt/m³),
- potrebno dodatno segrevanje svežega blata za okoli 3 °C (ohladitev odpadnih voda (12 °C) zaradi tujih voda (6 °C)),
- delež dodatnih investicijskih stroškov za grablje, peskolov, primarni usedalnik, biologijo in naknadni usedalnik,
- delež zvečane obdavčitve.

Zgolj ekonomičnost zmanjševanja dotokov tujih voda (brez dodatnih pozitivnih ekoloških vplivov in ustreznega zmanjšanja obdavčenja) naj poda sledeči primer:

Pri predpostavljani skupni obračunski ceni za čiščenje odpadne vode na primer 0,50 EUR/m³ ter pri možnosti izločitve 10 l/s (= 36 m³/h) tujih voda bo ta privarčevana vsota znašala:

$36 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ ur} = 864 \text{ m}^3/\text{dan} \times 365 \text{ dni} = 315.360 \text{ m}^3/\text{leto}$

$315.360 \text{ m}^3/\text{leto} \times 0,50 \text{ EUR}/\text{m}^3 = 157.680 \text{ EUR}/\text{leto}$

Privarčevani obratovalni stroški naj bodo večji, kot so stroški kapitalne služnosti (Kapitaldienst). Torej lahko v tem primeru (pri okoli 10 % kapitalne služnosti) za odstranitev teh 10 l/s tujih voda investiramo okoli 1.500.000 EUR finančnih sredstev oziroma za 1 l/s tujih voda okoli 150.000 EUR.

V kantonu Basel (BUKBL, 2004) so celo ugotovili smiselnost sanacij virov tujih voda, če investicijski stroški ne presegajo treh švicarskih frankov na m³ tujih voda in leto.

Pri tem naj mimogrede omenim, da so si v kantonu Basel pred leti z dekretom zastavili cilj zmanjšanja deleža tujih voda (FWA) na njihovih 34 čistilnih napravah iz 41 % v letu 2003 celo na 30 % do konca leta 2007.

Torej se sanacija in tesnjenje nevodotesnih kanalov še kako izplača!

8 • SKLEP

V vsakem kanalizacijskem omrežju nastopajo določene količine tujih voda /4/. Z določenim deležem tujih voda moramo torej živeti, podobno kot moramo živeti z določenim odstotkom izgub pitne vode v vodovodnem omrežju. V obeh vrstah omrežij je torej odločujoča ekonomska (in ekološka) meja, do katere je sanacija omrežij še smiselna. To kaže tudi način obdavčitve (Abwasserabgabe) v Nemčiji, ki naraščajoče obdavči ter s tem kaznuje prekomerne količine tujih voda in škodljive vplive na naše okolje šele iznad določenega »toleriranega« deleža tujih voda. Torej se priporoča in zahteva redno občasno ugotavljanje velikostnega reda količin tujih voda, redni pregled in po potrebi tesnjenje kanalizacijskega omrežja do stroškovne meje, ki jo je mogoče v ekonomskem oziru zagovarjati.

Verjetno zaman upam, da nas bo gospodarska kriza končno prisilila k varčevanju in preprečila nesmiselno razmetavanje finančnih sredstev na okoljevarstvenem področju. S članki v časopisju in s posebno drago zloženko (naklada 110.000 izvodov!) skuša na primer MOL v zadnjem času pod

pretvezo čistejše Ljubljance opravičiti in prikriti začetek drage gradnje nepotrebnih ter celo ekološko škodljivih zadrževalnih bazenov skupne prostornine preko 30.000 m³ v ljubljanskem kanalizacijskem omrežju. Ta gradnja (brez ustrezne projektne dokumentacije celotnega kanalizacijskega sistema mesta Ljubljane) temelji namreč izključno le na danski strokovni študiji, ki sloni na zastareli, strokovno zelo sporni tehnologiji iz konca osemdesetih let preteklega stoletja. Poleg tega je bilo že svojčas (med gradnjo ljubljanske čistilne naprave) onemogočeno v študiji predlagano delovanje sistema, saj je bila (brez ustrezne strokovne utemeljitve) prepolovljena temeljna zahteva te študije po zadostni (dvakratni) hidravlični zmogljivosti ljubljanske čistilne naprave.

Že sam pogled na lokacije teh bodočih bazenov (v Mostah, za Bežigradom ter v Zalogu) pove, da so glede njihove namestitve ti bazeni zmožni vplivati na (ne)čistočo Ljubljance le (na nekaj sto metrov) izpod sotočja Ljubljance ter Grubarjevega kanala. Na Ljubljano v višini Tromostovja (ki je tako zavajajoče upodobljeno na zloženki) pa ti bazeni nikakor

ne morejo vplivati in tako ostane na poti skozi mesto Ljubljana še nadalje nespremenjeno hudo onesnažena.

Striktno se prezrejo, preslišijo in zamolčijo moja strokovna opozorila ministrstvu za okolje, ljubljanski mestni upravi, ZDGITS-u, JP Vo-Ki, d. o. o., itd. o nepotrebnem in celo ekološko škodljivem zapravljanju več desetih milijonov evrov za to strokovno neodgovorno gradnjo. Vsem v posmeh MOL v zloženki celo vabi (citata): »Veseli bomo vaših mnenj, predlogov in vprašanj.« Tudi uredništvo Dnevnika (brez vsakega pojasnila) kratko malo ne objavi moje odprto pismo g. županu Jankoviču. Ugotavljam, da deluje cenzura v demokraciji znatno bolje, kakor je delovala pod diktaturo proletariata!

Kakor vedno ne bo nihče odgovarjal za nastalo škodo, ko bo Evropska unija ugotovila neumnost gradnje teh bazenov, zahtevala povrnitev sredstev sofinanciranja in nas kaznovala z ekološkimi dajatvami zaradi prekomernega onesnaženja vodotokov.

V prejšnjih časih se je v podobnih primerih pogosto uporabljal rek: »Sve če to narod pozlatiti!« Kaj pa bo, ko se bo ta narod naveličal ali pa celo ne bo več zmožel plačevati političnih in strokovnih neumnosti, neznanja, nezmožnosti, korupcije in zapravljanja?

9 • LITERATURA

- ATV-DVWK-A198, Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, DWA e.V., april 2003.
- Brombach, I. H., Auswirkungen von Fremdwasser und Hinweise zum Erkennen kritischer Fremdwasserhältnisse, Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Heft 47, 2004.
- BUKBL, Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, Amt für Umweltschutz und Energie, Fremdwasser in Kanalisationen, januar 2004.
- Fuchs, S., Lucas, S., Brombach, H., Weiß, G., Haller, B., Fremdwasserprobleme erkennen – methodische Ansätze, KA – Abwasser, Abfall, Heft, 1/2003.
- Greiner, T., Fremdwasser im Kanalnetz, ATV – Landesgruppen – Tagungen, 1983.
- Maleiner, F., Razbremenilni objekti v kanalizacijskih omrežjih, 9. strokovni seminar, 12. 3. 2003.
- Maleiner, F., Samonadzor delovanja čistilnih naprav v nemški deželi Rheinland-Pfalz, Gradbeni vestnik, februar 2009.
- VOKA, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija, d. o. o., Centralna čistilna naprava Ljubljana, 2005.

UPORABA ULTRAZVOČNE METODE ZA OCENO VEZANJA MATERIALOV S CEMENTNIM VEZIVOM

THE USE OF ULTRASONIC METHOD TO ESTIMATE THE SETTING TIME OF CEMENT BASED MATERIALS

dr. Gregor Trtnik, univ. dipl. inž. grad.

Inštitut za gradbene materiale IGMAT, d. d.
Polje 351 c, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK: 620.179.16:691.54

Povzetek | V prispevku je prikazana možnost uporabe dveh različnih neporušnih ultrazvočnih (UZ) metod za oceno začetka vezanja različnih materialov s cementnim vezivom. V primeru betonskih mešanic je bila uporabljena metoda prehoda vzdolžnih UZ-valov, v primeru čistih cementnih past pa metoda prehoda vzdolžnih UZ-valov, metoda odboja strižnih UZ-valov in kombinacija obeh uporabljenih UZ-metod. Pokazano je, da lahko ob pravilni interpretaciji rezultatov z obema metodama korektno ocenimo začetek vezanja različnih materialov s cementnim vezivom. Tako v primeru betonskih mešanic kot v primeru čistih cementnih past začetni čas vezanja poljubne mešanice zadovoljivo ocenimo s časom pojava prve prevojne točke na krivulji hitrosti prehoda vzdolžnih UZ-valov (v_p) s časom, v primeru čistih cementnih past pa lahko začetek vezanja ocenimo tudi s časom, pri katerem začne vrednost strižnega odbojnega koeficienta (dr) intenzivno naraščati, oz. s koncem prvega območja na ustreznih diagramih v_p - dr . Prikazana je ponovljivost obeh metod in statistična analiza zanesljivosti ocene začetka vezanja cementnih past z metodo prehoda vzdolžnih UZ-valov.

Summary | In this paper, the possibility of using two different ultrasonic (US) methods to estimate the initial setting time of different cement based materials is briefly discussed. In the case of different concrete mixtures, an ultrasonic wave transmission method (USWT) is analyzed and in the case of pure cement pastes, both the USWT and an ultrasonic wave reflection (USWR) methods as well as their combination are discussed. It was found out that in the case of the USWT method, the initial setting time of an arbitrary concrete and cement paste mixtures can be estimated very accurately from the time of the first inflection point of the corresponding velocity (v_p) – time curve. In the case of pure cement pastes, the initial setting time can be also estimated by the time, when the shear wave reflection coefficient (dr) starts to increase rapidly. As an addition, the end of the first phase of the corresponding v_p - dr curve can be used to define the initial setting process of cement pastes. Reproducibility of both methods is shown and statistical analysis of the estimation of the initial setting time of cement pastes with the ultrasonic wave transmission method is discussed.

1 • UVOD

V zadnjem obdobju je opazen nagel razvoj različnih akustičnih tehnik za spremljanje procesa formiranja strukture različnih materialov s cementnim vezivom. V primeru ultrazvočnih (UZ) metod se največkrat uporabljajo vzdolžni in strižni UZ-valovi, številni raziskovalci pa poizkušajo korelirati hitrost vzdolžnih in strižnih UZ-valov z različnimi fizikalnimi lastnostmi materialov s cementnim vezivom.

Ker je poleg tlačne trdnosti čas začetka vezanja ena najpomembnejših karakteristik materialov s cementnim vezivom, se v zadnjem času številni raziskovalci ukvarjajo tudi z možnostjo ocene začetka vezanja materialov z različnimi UZ-tehnikami. Tako je (Chotard, 2001) predlagal določitev pomembnih karakterističnih točk v fazi hidratacijskega procesa s presečiščem treh tangent na krivuljo hitrosti prehoda vzdolžnih UZ-valov (v_p) s časom. ((Reinhardt,

2003 in, 2004), (Voigt, 2005)) so čas začetka vezanja betona povezovali z maksimumom odvoda krivulje hitrosti v_p skozi betone, čas konca vezanja pa naj bi sovpadal s časom, pri katerem hitrost v_p preseže vrednost 1500 m/s. (Lee, 2004) je kot začetek vezanja običajnih betonov predlagal čas, ko hitrost v_p doseže vrednost med 800 in 900 m/s, v primeru betonov visokih trdnosti pa naj bi ta interval znašal med 920 in 1070 m/s.

(Valič, 1998) je analiziral možnost uporabe metode odboja strižnih UZ-valov (USWR) za oceno začetka in konca časa vezanja dveh različnih cementnih past in ugotovil, da je s primernim umerjanjem instrumenta USWR za vsako cementno pasto posebej možno zadovoljivo oceniti začetni in končni čas vezanja cementne paste. Podobne študije je izvajal tudi (Rapoport, 2000), pri čemer je začetni čas vezanja poskušal povezati s časom, pri

katerem začne vrednost strižnega odbojnega koeficienta padati. Pokazal je, da obstaja linearna povezava med začetnim časom vezanja, določenim na osnovi merjenja temperature, in časom začetka padanja vrednosti odbojnega koeficienta. Študija korelacije metod USWT in USWR za analizo začetka vezanja materialov s cementnim vezivom v literaturi še ni bila obravnavana, praktično vsi raziskovalci pa poudarjajo tako pomembnost nadaljnjih raziskav pri določanju začetka in konca vezanja materialov s cementnim vezivom z različnimi UZ-metodami npr. (Robeyst, 2008) kot tudi pomembnost študije zanesljivosti ocene začetka vezanja z UZ-metodami.

V članku je prikazana možnost uporabe dveh različnih UZ-metod za oceno začetka vezanja različnih materialov s cementnim vezivom, pri čemer je podrobneje prikazana študija zanesljivosti ocene začetka vezanja cementnih past z metodo USWT. Prikazani so rezultati večletnega eksperimentalnega dela, ki je potekalo na Inštitutu za gradbene materiale IGMAT, d. d.

2 • METODE PREISKAV

2.1 Metoda prehoda vzdolžnih uz-valov (USWT)

Metoda USWT temelji na principu merjenja časa prehoda vzdolžnih UZ-valov od oddajne do sprejemne sonde oz. hitrosti v_p skozi preizkušance. V ta namen sta bila uporabljena dva komercialno dostopna instrumenta proizvajalcev Proceq in Pundit s frekvencama delovanja 20 oz. 40 kHz in premerom sond 25 oz. 51 mm. Bistvenega pomena je bila modifikacija omenjenih instrumentov v smislu avtomatskega zajemanja podatkov o času prehoda v vnaprej izbranih časovnih intervalih in razvoj ustreznega računalniškega programa za shranjevanje podatkov v datoteko tipa ASCII. Dimenzije preizkušancev so v primeru cementnih past znašale 70/70/70 mm, v primeru betonskih mešanic pa 80/80/80 mm. Podrobnejši opis uporabljene metode USWT je prikazan v literaturi (Trtnik, 2008).

2.2 Metoda odboja strižnih uz-valov (USWR)

Na stiku dveh materialov z različnimi akustičnimi lastnostmi (akustična impedanca) se del UZ-valovanja odbije nazaj v vmesni material, del pa generira naprej v testni medij. S časom se akustična impedanca

cementne paste povečuje, s tem pa se manjša delež odbitega UZ-valovanja. Metoda odboja strižnih UZ-valov deluje na principu merjenja strižnega odbojnega koeficienta dr , ki predstavlja razmerje med celotnim (generiranim) strižnim valovanjem in deležem odbitega strižnega valovanja. Uporabljeni merilni instrument (USWR-4) je razvil Valič s sodelavci (Valič, 2000). Instrument je sestavljen iz štirih UZ-sond iz zelo čistega kremenca, katerih nasprotni stranici sta popolnoma vzporedni in zelo gladki. Sama merilna sonda je pravokotne oblike s prerezom 13×16 mm in dolžino $L = 62$ mm. Zgornji del sonde je pravokotnega ali okroglega prereza. Na spodnji strani sonde je nameščena merilna glava z aluminijastim ohišjem cilindrične oblike premera 30 mm in dolžine 40 mm, ki vsebuje t.i. generator strižnega ultrazvočnega valovanja PZE in deluje kot oddajnik in sprejemnik hkrati. Na zgornjo stran ustrezno namestimo poseben teflonski kalup, ki je lahko okroglega ali pravokotnega prereza. Merilna oziroma stična površina med vzorcem cementne paste (testni material) in kremenčevu merilno glavo (pomožni material) znaša približno 2 cm^2 , sama količina testnega vzorca pa okrog 10 g. Instrument deluje na principu merjenja velikosti prvega in drugega

povratnega odmeva strižnega ultrazvočnega valovanja. Podrobnejši opis uporabljenega instrumenta in same metode USWR je prikazan v literaturi (Valič, 2000).

2.3 standardne metode določitve začetka vezanja

2.3.1 Določanje časa vezanja cementne paste z metodo Vicata

Standardna metoda za določanje časa vezanja cementne paste je opisana v standardu (SIST EN 196-3, 2005) in temelji na globini prodora posebne jeklene igle v cementno pasto. Cementno pasto standardne konsistence neposredno po zamešanju namestimo v cilindrično oblikovane gumijaste kalupe višine $(40,00 \pm 0,20)$ mm z notranjim premerom $(75,00 \pm 10)$ mm. V enakomernih časovnih intervalih merimo globino prodora igle v cementno pasto, pri čemer je začetek vezanja cementne paste definiran s časovnim intervalom $t_{z,v,i}$, katerega spodnjo in zgornjo mejo določata časa, pri katerima znaša razdalja med spodnjo površino vzorca in koncem Vicatove igle d_v 3 mm ($t_{dv=3}$) oziroma 9 mm ($t_{dv=9}$). Za določitev končnega časa vezanja $t_{k,v}$ cementne paste celoten preizkušanec obrnemo in s posebno iglo merimo globino prodora glave igle v cementno pasto. Končni čas vezanja je definiran kot čas, pri katerem je prodor manjši od 1 mm.

3.2.2 Določanje časa vezanja betona z metodo prodora

Standardna metoda za določanje časa vezanja betonskih mešanic je opisana v standardu (ASTM C 403-88, 1988). V skladu s standardom začetni in končni čas vezanja

določamo na betonskih mešanicah z maksimalnim zrnom agregata 4 mm, pri čemer je začetni čas t_{zP} definiran kot čas, pri katerem napetost, potrebna za prodor posebne igle v betonsko mešanico do globine 25 mm, znaša 3,5 N/mm². Končni čas vezanja t_{KP} je defini-

ran kot čas, pri katerem ta napetost znaša 27,6 N/mm². Instrument vsebuje 6 igel, ki se med seboj razlikujejo po velikosti površine krožnega prereza (645, 323, 161, 65, 32 in 16 mm²). Čas prodora do predpisane globine mora v skladu s standardom znašati 10 ± 2 s.

3 • UPORABLJENI MATERIALI

3.1 Cementne paste

V raziskavo smo vključili 20 cementnih mešanic, ki so se med seboj razlikovale v vrsti uporabljene cementa (TC), vodo/cementnem razmerju (v/c), finosti mletja cementa (SP), količini minerala C₃A v cementnem klinkerju (C3A) in temperaturi okolice, kateri je bila cementna pasta izpostavljena v času hidratacijskega procesa (To). Preglednica 1 prikazuje karakteristike vseh uporabljenih cementnih past. Za ugotavljanje vpliva finosti mletja cementa smo uporabili cementa CEM I 42,5N in CEM I 52,5R,

katerih kemijska sestava je podobna, bistveno se razlikujeta le v finosti mletja cementa.

Zaradi relativno podobne kemijske sestave smo omenjena dva cementa zmešali v razmerju 50/50 in tako dobili tretjo vrsto cementa za ugotavljanje vpliva finosti mletja cementa na potek hidratacije (oznaka CF3). V tem primeru je finost mletja cementa znašala 3490 cm²/g, vsebnost minerala C₃A pa 7,10 %. Podobno smo za ugotavljanje vpliva deleža C₃A uporabili cementa CEM I 42,5 N in CEM I 42,5 N SR, ki smo ju prav tako zmešali v razmerju 50/50

in tako dobili tretji tip cementa za potrebe ugotavljanja vpliva deleža C₃A. V tem primeru je delež minerala C₃A znašal 4,80 %, finost mletja pa 2805 cm²/g (oznaka CC3A3).

3.2 Betonske mešanice

V skladu s standardno metodo prodora se začetni čas vezanja betona določa na betonskih mešanicah z maksimalnim agregatnim zrnom 4 mm. Preglednica 2 prikazuje karakteristike in oznake betonskih mešanic z maksimalnim agregatnim zrnom 4 mm, pri čemer so se mešanice razlikovale glede na količino agregata v betonu (KA), vrsto agregata (MA), tip cementa (TC) in velikost vodo/cementnega razmerja (v/c).

oznaka	TC	v/c	To (°C)	SP (cm ² /g)	C3A (%)
C1030	CEM II/A-S 42,5R	0,30	21	4260	10,4
C1035	CEM II/A-S 42,5R	0,35	21	4260	10,4
C1040	CEM II/A-S 42,5R	0,40	21	4260	10,4
C1050, CT21, OSN	CEM II/A-S 42,5R	0,50	21	4260	10,4
C1060	CEM II/A-S 42,5R	0,60	21	4260	10,4
C1065	CEM II/A-S 42,5R	0,65	21	4260	10,4
C2, CF1, CC3A1	CEM I 42,5N	0,50	21	2640	7,2
C3, CC3A2	CEM I 42,5N SR	0,50	21	3130	2,3
C4, CF2	CEM I 52,5R	0,50	21	4310	6,9
CT11	CEM II/A-S 42,5R	0,50	11	4260	10,4
CT26	CEM II/A-S 42,5R	0,50	26	4260	10,4
CT32	CEM II/A-S 42,5R	0,50	32	4260	10,4
CT11060	CEM II/A-S 42,5R	0,60	11	4260	10,4
CT26060	CEM II/A-S 42,5R	0,60	26	4260	10,4
CT32060	CEM II/A-S 42,5R	0,60	32	4260	10,4
CF3	CEM I 42,5N + + CEM I 52,5R	0,50 0,50	21 21	3490	7,1
CC3A3	CEM I 42,5N + + CEM I 42,4N SR	0,50 0,50	21 21	2800	4,8
C2040	CEM I 42,5N	0,40	21	2640	7,2
C3040	CEM I 42,5N SR	0,40	21	3130	2,3
C4040	CEM I 52,5R	0,40	21	4310	6,9

Preglednica 1 • Karakteristike uporabljenih cementnih past

oznaka	TC	v/c	KA (kg/m ³)	MA
B4CA054	CEM II/A-S 42,5R	0,54	1850	apnenec
B4C1048	CEM II/A-S 42,5R	0,48	1850	apnenec
B4C1065	CEM II/A-S 42,5R	0,65	1850	apnenec
B4C1KA2	CEM II/A-S 42,5R	0,54	1500	apnenec
B4C1KA3	CEM II/A-S 42,5R	0,54	2130	apnenec
B4C2054	CEM I 42,5N	0,54	1850	apnenec
B4C3054	CEM I 42,5N SR	0,54	1850	apnenec
B4C4054	CEM I 52,5R	0,54	1850	apnenec
B4C1MA2	CEM II/A-S 42,5R	0,54	1850	kvarcit karbonat

Preglednica 2 • Karakteristike uporabljenih betonskih mešanic

4 • REZULTATI PREISKAV

4.1 Značilna oblika krivulj v_p - t in dr - t

Slika 1 prikazuje značilno obliko krivulj v_p - t in dr - t in njihovih odvodov za cementne paste v prvih 24 urah. Razvidno je, da obe fizikalni količini v začetnem obdobju hidratacijskega procesa intenzivno naraščata, se pa oblika obeh krivulj precej razlikuje. Medtem ko sta na krivulji v_p - t opazni dve izraziti prevojni točki (PT1, PT2), je na krivulji dr - t opazna le ena prevojna točka (DR). Nadalje opazimo, da se vrednost strižnega odbojnega koeficienta dr za razliko od vrednosti hitrosti v_p v prvi fazi hidratacijskega procesa ne spreminja bistveno. To je posledica različne fizikalne narave obeh tipov UZ-valov, saj je znano, da se strižni UZ-valovi skozi tekočino ne prenašajo. Opazimo, da lahko na osnovi oblike krivulj in njihovih odvodov obe krivulji razdelimo v pet obdobj, kar sovпада z razdelitvijo hidratacijskega procesa glede na ugotovitve drugih avtorjev ((Schindler, 2002), (Van Breugel, 1991)).

Analiza vpliva posameznih obravnavanih parametrov sestave cementnih past in pogojev

okolja je pokazala, da tako metoda USWT kot tudi USWR pravilno upoštevata vpliv posameznih parametrov na razvoj hidratacijskega procesa oziroma formiranja strukture cementnih past med hidratacijskim procesom (Trtnik, 2009).

4.2 Diagrami v_p - dr

Slika 2 prikazuje neposredno primerjavo med vrednostmi v_p in dr v določenem času za cementno pasto C1035, pri čemer so označene tudi vse omenjene prevojne točke. Izkaže se, da je oblika krivulje v_p - dr podobna za vse cementne paste, ni pa enolična, kar nakazuje, da sta oba tipa ultrazvočnega valovanja različno občutljiva na posamezne parametre sestave cementnih past in pogojev okolja (Trtnik, 2009). V vseh primerih je zvezo v_p - dr možno zadovoljivo aproksimirati z enostavnim trilinearnim diagramom (slika 2b).

4.3 Ocena začetka vezanja cementne paste

Začetni čas vezanja posameznih cementnih past t_{zV} je bil najprej določen v skladu s

standardno Vicatovo metodo. Pričakovano je bil čas t_{zV} krajši v primeru nižjega razmerja v/c , večje finosti mletja cementa, večje količine minerala C_3A v cementnem klinkerju, višje temperature okolice in v primeru uporabe cementa CEM I 52,5 R. V nadaljevanju je bila opravljena korelacija med prodorom Vicatove igle (dV) s časom ter krivuljami v_p - t , dr - t in v_p - dr .

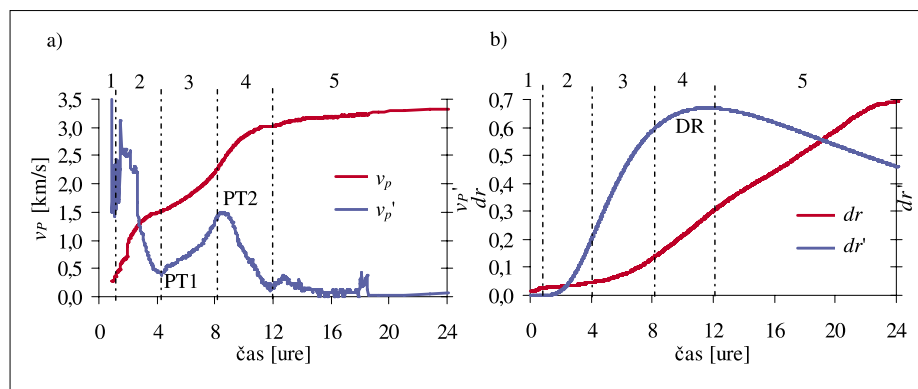
4.3.1 Metoda USWT

Slika 3 prikazuje vpliv razmerja v/c , temperature okolice, vrste cementa, finosti mletja cementa in deleža minerala C_3A v sestavi portlandsko cementnega klinkerja na časovni interval začetka vezanja t_{zV} , čas pojava prve prevojne točke na krivulji v_p - t t_{PT1} in čas t_v pri katerem hitrost prehoda vzdolžnih UZ-valov doseže vrednost hitrosti skozi vodo ($v_p = 1430$ m/s). Vidno je, da časa t_{PT1} in t_v zelo dobro sovpadata s časovnim intervalom t_{zV} . Vrednosti posameznih omenjenih karakterističnih točk so prikazane v preglednici 3, pri čemer oznake $v_{p,3}$, $v_{p,9}$ in $v_{p,PT1}$ predstavljajo vrednosti hitrosti prehoda vzdolžnih UZ-valov skozi cementne paste pri časih $t_{dV} = 3$, $t_{dV} = 9$ in t_{PT1} .

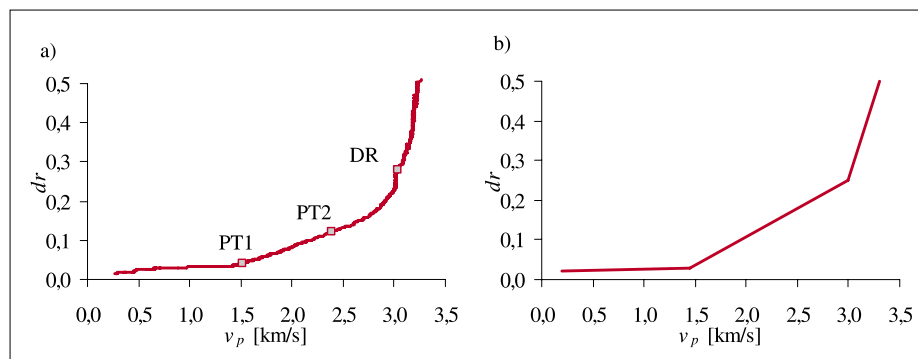
Na osnovi prikazanih ugotovitev lahko torej začetek vezanja poljubne cementne paste definiramo s časom pojava prve prevojne točke na krivulji v_p - t . Alternativno lahko začetek vezanja poljubne cementne paste zadovoljivo ocenimo s časom, pri katerem vrednost hitrosti prehoda vzdolžnih UZ-valov doseže vrednost hitrosti v_p skozi vodo (1430 m/s).

4.3.2 Metoda USWR

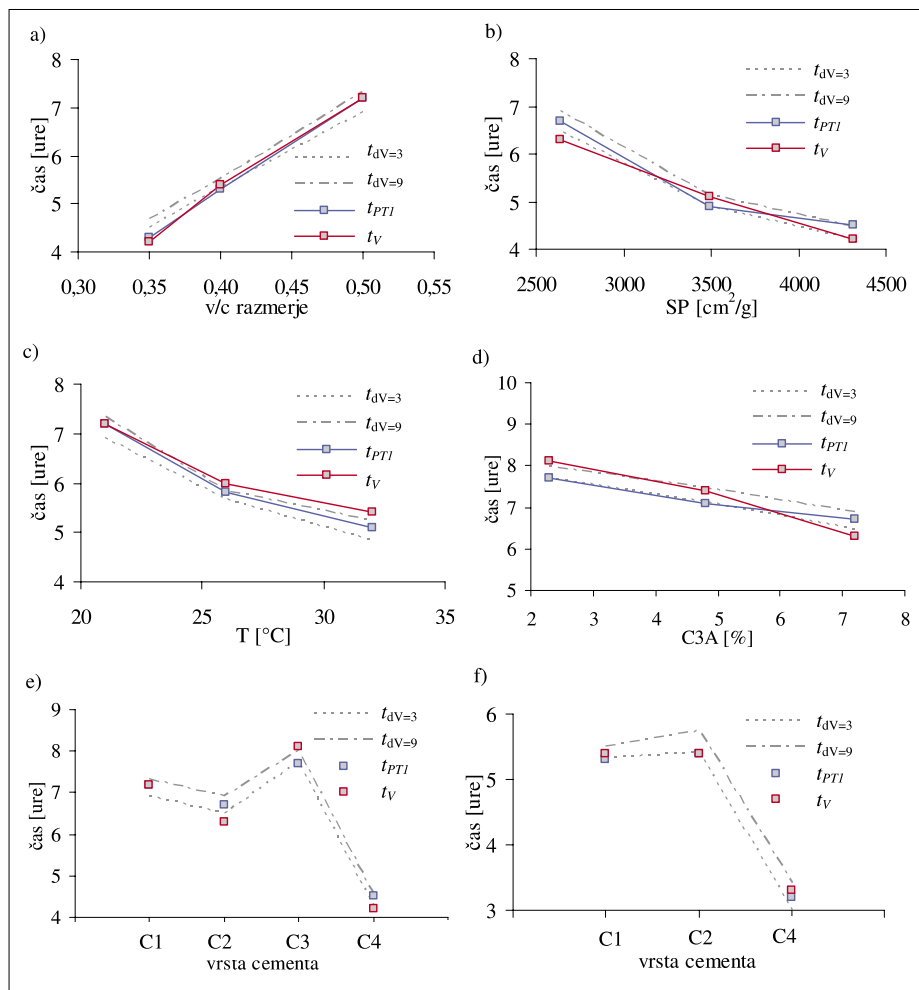
V nadaljevanju je bila analizirana možnost ocene začetka vezanja poljubne cementne paste z metodo odboja strižnih UZ-valov. Ker je v splošnem opazna hipna sprememba oziroma skok vrednosti koeficienta dr na samem začetku merjenja, je bil pri korelaciji med d_v - t in dr - t uporabljen relativni potek krivulje dr - t . Preglednica 4 prikazuje karakteristične podatke za vse analizirane cementne paste. Podobno kot v primeru korelacije d_v - t in v_p - t tudi v tem primeru oznaki dr_3 in dr_9 pomenita vrednosti strižnega odbojnega koeficienta dr pri časih $t_{dV} = 3$ in $t_{dV} = 9$. Povprečna vrednost strižnega odbojnega koeficienta dr_3 za vse analizirane cementne paste je znašala $dr_3 = 0,0452$, povprečna vrednost strižnega odbojnega koeficienta dr_9 pa $dr_9 = 0,0513$. Opazimo lahko, da se je z višanjem temperature okolice, ki ji je bila cementna pasta izpostavljena med procesom hidratacije, vred-



Slika 1 • Tipični obliki krivulj v_p - t (a) in dr - t (b) in njihovih odvodov



Slika 2 • Tipična oblika krivulje v_p - dr (a) in poenostavljen diagram zveze v_p - dr (b)



Slika 3 • Vpliv obravnavanih parametrov na vrednosti t_{zv} , t_{PT} in t_V : a) vpliv razmerja v/c, b) vpliv finosti mletja cementa, c) vpliv temperature okolice, d) vpliv deleža C_3A , e) vpliv vrste cementa ($v/c = 0,50$), f) vpliv vrste cementa ($v/c = 0,40$)

oznaka mešanice	karakteristične točke (ure)				vrednost v_p (m/s)		
	$t_{dV=3}$	$t_{dV=9}$	t_{PT}	t_V	v_{p3}	v_{p9}	$v_{p,PT9}$
C1035	4,5	4,7	4,3	4,2	1510	1520	1490
C1040	5,3	5,5	5,3	5,4	1420	1435	1420
C1050, C1, CT21	6,9	7,3	7,2	7,2	1390	1450	1430
C2, CF1, CC3A1	6,5	6,9	6,7	6,3	1498	1550	1520
C3, CC3A2	7,8	8,0	7,7	8,1	1380	1410	1370
C4, CF2	4,3	4,5	4,5	4,2	1450	1454	1450
CT26	5,7	5,8	5,8	6,0	1320	1350	1320
CT32	4,8	5,3	5,1	5,4	1280	1390	1350
CF3	4,9	5,2	4,9	5,1	1400	1450	1400
CC3A3	7,2	7,5	7,1	7,4	1380	1440	1370
C2040	5,4	5,8	5,4	5,4	1440	1480	1440
C4040	3,0	3,4	3,2	3,3	1350	1480	1410

Preglednica 3 • Karakteristični podatki za analizirane cementne paste – metoda USWT

nost strižnega odbojnega koeficienta dr_3 in dr_9 povečevala. V skladu z rezultati, prikazanimi v preglednici 4, lahko začetni čas vezanja cementne paste približno ocenimo kot čas, pri katerem sprememba vrednosti strižnega odbojnega koeficienta dr znaša med 0,0350 in 0,0650.

oznaka mešanice	začetni čas vezanja (ure)		vrednost dr	
	$t_{dV=3}$	$t_{dV=9}$	dr_3	dr_9
C1030	3,0	3,3	0,040	0,042
C1035	4,5	4,7	0,044	0,045
C1040	5,3	5,5	0,032	0,036
C1050	6,9	7,3	0,035	0,040
C1060	8,3	9,0	0,049	0,057
C1065	8,7	9,6	0,044	0,054
C2	6,5	6,9	0,065	0,075
C3	7,8	8,0	0,036	0,038
C4	4,3	4,5	0,040	0,046
CT11	8,5	9,2	0,033	0,035
CT26	5,7	5,8	0,065	0,068
CT32	4,8	5,3	0,066	0,083
CT11060	9,5	10,8	0,030	0,039
CT26060	6,8	7,2	0,057	0,065
CT32060	5,5	5,7	0,055	0,065
CF3	4,9	5,2	0,047	0,052
CC3A3	7,2	7,5	0,056	0,061
C2040	5,4	5,8	0,043	0,044
C3040	6,6	6,9	0,040	0,044
C4040	3,0	3,4	0,032	0,042

Preglednica 4 • Karakteristični podatki za analizirane cementne paste – metoda USWR

4.3.3 Kombinacija USWT – USWR

S slike 2 je razvidno, da lahko posamezne krivulje v_p - dr smiselno razdelimo na tri območja (Trtnik, 2009). Prva točka na krivuljah v_p - dr predstavlja vrednost hitrosti prehoda vzdolžnih UZ-valov in strižnega odbojnega koeficienta pri začetnem času vezanja t_{zv} , določenem s standardno Vicatovo metodo. Čas t_{zv} je določen v skladu z enačbo:

$$t_{zv} = \frac{t_{dV=3} + t_{dV=9}}{2}. \quad (1)$$

Izkaže se, da ta točka v vseh primerih dobro sovпада s koncem prvega območja na krivuljah $v_p \cdot dr$ (Trtnik, 2009). S kombinacijo metode prehoda vzdolžnih ultrazvočnih valov in metode odboja strižnih ultrazvočnih valov lahko torej začetek vezanja poljubne cementne paste enostavno definiramo s koncem prvega linearnega območja na krivulji $v_p \cdot dr$, ki sovпада s časoma t_{PTI} in t_v ter s časom, pri katerem začne vrednost strižnega odbojnega koeficienta dr intenzivno naraščati.

4.4 Ocena začetka vezanja betonske mešanice

Začetni čas vezanja posameznih betonskih mešanic $t_{z,p}$ je bil najprej določen v skladu s standardno metodo prodora. Pričakovano je bil čas $t_{z,p}$ krajši v primeru nižjega razmerja v/c in v primeru uporabe cementa CEM I 52,5 R. Količina in vrsta agregata v betonu nista bistveno vplivali na čas $t_{z,p}$. V nadaljevanju je bila opravljena korelacija med prodorom igle (d_p) s časom ter krivuljami $v_p \cdot t$.

oznaka mešanice	karakteristične točke (ure)		$v_{p,BZ}$ (m/s)
	$t_{z,p}$	$t_{p,TB}$	
B4C1054	4,6	4,7	910
B4C1048	4,2	4,1	1106
B4C1065	5,3	5,4	1065
B4C2054	5,6	5,6	780
B4C3054	5,7	5,8	930
B4C4054	2,6	2,7	1080
B4C1KA2	5,1	5,0	850
B4C1KA3	4,8	4,9	1130
B4C1AG2	4,7	4,8	930

Preglednica 5 • Karakteristični podatki za analizirane betonske mešanice – metoda USWT

Izkaže se, da začne hitrost v_p naraščati približno takrat, ko se pri betonskih mešanicah začne pojavljati odpornost proti prodoru igle v betonsko strukturo ((Robeyst s sodelavci, 2008), (Trtnik, 2009)). Preglednica 5 prikazuje čase karakterističnih točk in vrednosti hitrosti prehoda v_p pri času začetka vezanja ($v_{p,BZ}$) betonskih mešanic. Z oznako $t_{p,TB}$ je označen čas pojava prve prevojne točke na krivulji $v_p \cdot t$ v primeru betonskih mešanic. Podobno kot v primeru čistih cementnih past tudi v primeru betonskih mešanic začetni čas vezanja betona $t_{z,p}$ precej dobro sovпада s časom prevojne točke $t_{p,TB}$ na krivulji $v_p \cdot t$. Povprečna vrednost hitrosti $v_{p,BZ}$ znaša $v_{p,BZ}' = 976$ m/s, kar se zelo dobro ujema z ugotovitvami nekaterih drugih raziskovalcev ((Reinhardt in Grosse, 2003, 2004), (Lee s sodelavci, 2004), (Voigt s sodelavci, 2005), (Robeyst s sodelavci, 2008)), ki so opravili prve poskuse korelacije vezanja betona s hitrostjo prehoda vzdolžnih UZ-valov skozi beton.

5 • ANALIZA PONOVLJIVOSTI UPORABLJENIH UZ-METOD IN ZANESLJIVOSTI OCENE ZAČETKA VEZANJA CEMENTNIH PAST

5.1 Metoda USWR

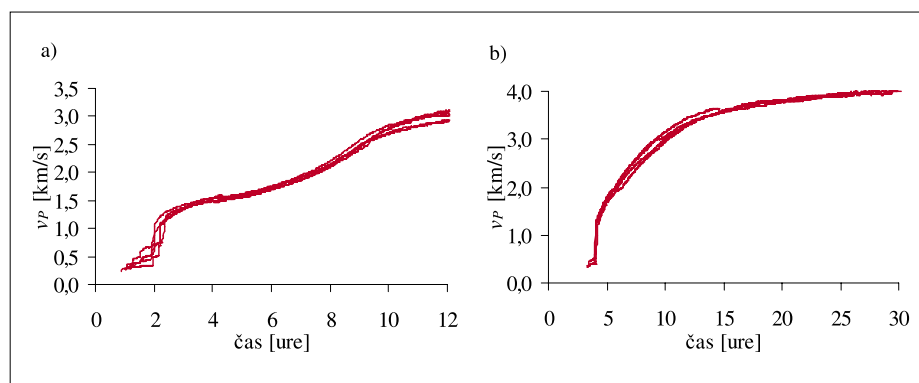
Natančnost in zanesljivost instrumenta USWR-4 je predstavil (Valič, 2000). Med testiranjem je instrument izmeril približno 10^8 vrednosti brez napake, odstopanja merjenja odbojnega koeficienta dr pa so bila manjša od 0,5 %, in so se povečevala z manjšanjem vrednosti dr . Stabilnost instrumenta je bila izmerjena s 24-urnim merjenjem odbojnega koeficienta dr_{zrak} na stiku med merilno sondo in zrakom. Pri tem so bila odstopanja manjša od 0,2 %/24 h. Vpliv temperature merilne sonde na točnost meritev je bil določen z merjenjem odbojnega koeficienta dr_{zrak} pri različnih temperaturah okolice (20–60 °C) in je znašal $-0,2 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$.

Ponovljivost merjenja strižnega odbojnega koeficienta $dr(t)$ je bila določena z večkratnimi merjenji odbojnega koeficienta pri enakih mešanicah in enakih pogojih okolice. Posamezne krivulje $dr \cdot t$ so bile v vseh primerih praktično identične.

5.2 Metoda USWT

Slika 4 prikazuje razvoj hitrosti prehoda vzdolžnih UZ-valov s časom skozi 7 enakih

cementnih past (slika 4a) in 4 enake betonske mešanice z maksimalnim zrnom agregata 4 mm (slika 4b). Razvidno je, da je potek krivulj $v_p \cdot t$ precej podoben. V primeru cementnih past so nekoliko večja odstopanja opazna le na samem začetku merjenja, kar je po vsej verjetnosti posledica malenkostnih razlik pri namestitvi samih merilnih sond in dejstva, da je metoda USWT zelo občutljiva na vrednosti v_p na samem začetku merjenja (Robeyst s sodelavci, 2008).



Slika 4 • Ponovljivost metode USWT v primeru cementnih past (a) in betonskih mešanic (b)

5.3 Zanesljivost ocene začetka vezanja cementnih past z metodo USWT

5.3.1 Splošno

Za kontrolo zanesljivosti ocene začetka vezanja poljubne cementne paste z metodo USWT so bile meritve za določene cementne paste izvedene večkrat. Poleg sedmih ponovitev na cementni pasti C1035 (poglavje 5.2) so bile po štiri ponovitve opravljene še na cementnih pastah C2 in C4. Cementni pasti C2 in C4 sta bili izbrani na osnovi časa začetka vezanja $t_{z,v}$ določenega s standardno Vicatovo metodo, pri čemer je čas $t_{z,v}$ za cementno pasto C4 precej podoben času $t_{z,v}$ za cementno pasto C1035, čas $t_{z,v}$ za cementno pasto C2 pa

precej daljši od časa t_{zv} cementne paste C1035 (preglednica 3). Preglednica 6 prikazuje karakteristične vrednosti za vse cementne paste, uporabljene v okviru analize zanesljivosti določitve začetnega časa vezanja na osnovi metode USWT.

oznaka mešanice	t_{pT} (ure)	t_v (ure)
C1035/1	4,3	4,2
C1035/2	4,2	4,1
C1035/3	4,3	3,8
C1035/4	4,3	4,1
C1035/5	4,5	4,2
C1035/6	4,5	4,1
C1035/7	4,4	4,1
C2/1	6,6	6,4
C2/2	6,9	6,2
C2/3	6,7	6,3
C2/4	6,9	6,3
C3/1	4,5	4,2
C3/2	4,5	4,2
C3/3	4,4	4,2
C3/4	4,5	4,4

Preglednica 6 • Analiza natančnosti metode prehoda vzdolžnih UZ-valov za oceno začetka vezanja cementnih past

5.3.2 Analiza variance

Statistična analiza zanesljivosti ocene začetnega časa vezanja z metodo USWT je bila izvedena z analizo variance. Z analizo variance ugotavljamo, kako ena ali več spremenljivk oziroma faktorjev (sestava cementne paste) vpliva na slučajno spremenljivko (časa t_{pT} in t_v). Vzorec smiselno razvrstimo v razrede in definiramo ničelno in alternativno domnevo. V tem primeru sta bili ničelna (H_0) in alternativna (H_1) domneva definirani kot:

H_0 : $\alpha_i = 0$ za vse $i = 1 \dots \alpha$ – struktura cementne paste ne vpliva na začetni čas vezanja;

H_1 : $\alpha_i \neq 0$ za vsaj en $i = 1 \dots \alpha$ – struktura cementne paste vpliva na začetni čas vezanja.

Rezultat analize variance je preglednica ANOVA, ničelno domnevo pa preizkusimo s statistiko F , ki se porazdeljuje po porazdelitvi F . Podrobnejši opis postopka analize variance je prikazan v (Turk, 2008).

5.3.3 Rezultati analize variance

Analiza variance je bila izvedena za spremenljivki t_{pT} in t_v , pri čemer sta bila pri vsaki spremenljivki uporabljena po dva primera vzorca. V prvem primeru je bila opravljena analiza za celoten vzorec spremenljivk t_{pT} in t_v v drugem

primeru pa le za vzorec spremenljivk t_{pT} in t_v za pasti C1035 in C4, katerih vrednosti so si precej podobne, kar predstavlja najbolj neugodno izbiro vzorca.

Preglednica 7 predstavlja preglednico ANOVA za celoten vzorec vrednosti t_{pT} iz preglednice 6, pri čemer je bila kritična vrednost statistike F (F_{krit}) določena za 1 % tveganja in znaša $F_{krit} = 6,9266$. Statistika F je v tem primeru znašala $F = 653,9061$ in je torej bistveno večja od vrednosti F_{krit} , kar pomeni, da ničelno hipotezo zavrnemo in trdimo, da je vpliv faktorja na spremenljivko t_{pT} statistično značilen s tveganjem, ki je bistveno nižje od 1 %, oziroma da struktura cementne paste statistično značilno vpliva na čas vezanja t_{pT} .

V primeru, ko je bila analiza variance opravljena le za cementne paste iz vzorcev C1035 in C4, je vrednost statistike F večja od vrednosti F_{krit} za stopnjo tveganja 9 %, kar pomeni, da je bil v tem primeru vpliv strukture cementne paste na spremenljivko t_{pT} statistično značilen s tveganjem 9 %.

Podobna analiza je bila opravljena tudi za spremenljivko t_v , pri čemer je bil v primeru analize celotnega vzorca vrednosti t_v iz preglednice 6 vpliv strukture cementne paste na čas t_v statistično značilen s tveganjem, manjšim od 1 %, v primeru analize vrednosti za vzorca C1035 in C4 pa s tveganjem 7 %.

vir odstopanj	vsota kvadratov	prostostne stopnje	povprečni kvadrati	statistika F
A	16,5812	2	8,2906	653,9061
E	0,1521	12	0,0127	
T	16,7333	14		

Preglednica 7 • Preglednica ANOVA – celoten vzorec t_{pT}

6 • SKLEP

V prispevku je prikazana možnost uporabe metode prehoda vzdolžnih UZ-valov in metode odboja strižnih UZ-valov za oceno začetka vezanja materialov s cementnim vezivom. Začetek vezanja poljubne cementne paste lahko dovolj zanesljivo ocenimo s časom, ki pripada prvi prevojni točki na krivulji časovnega naraščanja hitrosti prehoda vzdolžnih UZ-valov skozi cementno pasto. Ta čas se pojavi približno takrat, ko vrednost hitrosti v_p doseže vrednost hitrosti v_p skozi vodo (1430 m/s). Tako lahko začetni čas vezanja poljubne cementne paste enostavno

ocenimo kot čas, pri katerem hitrost prehoda vzdolžnih UZ-valov znaša med 1400 m/s in 1450 m/s. Tako metoda prehoda vzdolžnih UZ-valov kot metoda odboja strižnih UZ-valov sta pokazali veliko stopnjo ponovljivosti, kar je pomembna karakteristika vsake uporabne eksperimentalne metode. Statistična analiza zanesljivosti ocene začetka vezanja poljubne cementne paste na osnovi časov t_{pT} in t_v je bila izvedena z analizo variance. Rezultati so pokazali, da je vpliv strukture cementne paste na časa t_{pT} in t_v statistično značilen s tveganjem, ki je nižje od 1 %.

V skladu z rezultati, prikazanimi v tem članku, lahko začetni čas vezanja poljubne cementne paste približno ocenimo kot čas, pri katerem velikost spremembe strižnega odbojnega koeficienta dr znaša med 0,035 in 0,0650, oziroma s časom, pri katerem začne vrednost dr intenzivno naraščati.

Pri uporabi kombinirane UZ-metode (USWT – USWR) lahko začetek vezanja poljubne cementne paste ocenimo s koncem prvega linearnega območja na krivulji v_p-dr .

Analiza uporabe metode prehoda vzdolžnih UZ-valov za oceno vezanja različnih betonskih mešanic je pokazala, da lahko, podobno kot v primeru čistih cementnih past, tudi začetek vezanja betona dobro ocenimo s časom pojava prve prevojne točke na krivulji v_p-t .

7 • ZAHVALA

Ta članek je del raziskovalnega projekta, št. 3211-05-000556, ki ga je finančno podpiralo Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo Republike Slovenije. Za podporo se iskreno zahvaljujem.

8 • LITERATURA

- ASTM C 403-88, standard test method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance, American society for testing and materials, 1988.
- Chotard, T., Gimet-Brert, N., Smith, A., Fargeto, D., Bonnet, J. P., Gault, C., Application of ultrasonic testing to describe the hydration of calcium aluminate cement at the early age. *Cement and Concrete Research*, letnik 31, 3, str. 405–412, 2001.
- Grosse, C. U., Reinhardt, H. W., New developments in quality control of concrete using ultrasound, *International Symposium on Non-Destructive testing in Civil Engineering*, Berlin, september, 2003.
- Lee, H. K., Lee, K. M., Kim, Y. H., Yim, H., Bae, D. B., Ultrasonic in-situ monitoring of setting process of high-performance concrete, *Cement and Concrete Research*, letnik 34, 4, str. 631–640, 2004.
- Rapoport, J. R., Popovics, J. S., Subramaniam, K. V., Shah, S. P., Using ultrasound to monitor stiffening process of concrete with admixtures, *ACI Materials Journal*, letnik 97, 6, str. 675–683, 2000.
- Reinhardt, H. W., Grosse, C. U., Continuous monitoring of setting and hardening of mortar and concrete, *Construction and Building Materials*, letnik 18, 3, str. 145–154, 2004.
- Robeyst, N., Gruyaert, E., Grosse, C. U., De Belie, N., Monitoring the setting of concrete containing blast-furnace slag by measuring the ultrasonic p-wave velocity, *Cement and Concrete Research*, letnik 38, 10, str. 1169–1176, 2008.
- Schindler, A. K., Dossey, T., McCullough, B. F., Temperature control during construction to improve the long term performance of portland cement concrete pavements, Texas Department of Transportation, Research project No. 0-1700-2, Austin, The University of Texas at Austin, 2002.
- SIST EN 196-3: 2005, Metode preskušanja cementa – 3. del, Določanje časa vezanja in prostorninske obstojnosti, april, 2005.
- Trtnik, G., Uporaba ultrazvočne metode za analizo vezanja in strjevanja betona, *Doktorska disertacija*, Ljubljana, 2009.
- Trtnik, G., Turk, G., Kavčič, F., Bokan-Bosiljkov, V., Possibilities of using the ultrasonic wave transmission method to estimate initial setting time of cement paste, *Cement and Concrete Research*, letnik 38, 11, str. 1336–1342, 2008.
- Turk, G., Verjetnostni račun in statistika, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2008.
- Valič, M. I., Hydration of cementitious materials by pulse echo USWR. Method, apparatus and application examples, *Cement and Concrete Research*, letnik 30, 10, str. 1633–1640, 2000.
- Valič, M. I., Stepišnik, J., Gabrijelčič, M., Vuk, T., Reščič, L., Setting time measurements of portland cements with pulsed USWR method, *Kovine, Zlitrine, Tehnologije*, letnik 33, 1-2: 83–86, 1998.
- Van Breugel, K., Simulation of hydration and formation of structure of hardening cement-based materials, *Doktorska disertacija*, Tehnična univerza Delft, Delft, 1991.
- Voigt, T., Grosse, C. U., Sun, Z., Shah, S. P., Reinhardt, H. W., Comparison of ultrasonic wave transmission and reflection measurements with P- and S-waves on early age mortar and concrete, *Materials and Structures*, letnik 38, str. 729–738, 2005.

OBNOVLJEN KEMIJSKI LABORATORIJ INŠTITUTA ZA ZDRAVSTVENO HIDROTEHNIKO FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

Izr. prof. dr. Jože Panjan, predstojnik IZH

joze.panjan@ul-fgg.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova 2, 1000 Ljubljana

Na Inštitutu za zdravstveno hidrotehniko UL FGG dajemo velik pomen laboratorijskim in terenskim vajam že od same ustanovitve inštituta leta 1946 naprej. Zato sta bila v okviru Inštituta za zdravstveno hidrotehniko (IZH) ustanovljena tudi kemijski in biološki laboratorij z namenom, da podpirata pedagoško in raziskovalno dejavnost. Kmalu po ustanovitvi sta laboratorija kot prva in edina v Sloveniji izvajala količinske in kvalitativne preiskave naših rek Krke, Soče, Mure, Drave in Save ter predvsem Blejskega jezera, vse do konca sedemdesetih let, ko sta večino preiskav naših rek prevzela Hidrometeorološki zavod Slovenije in Kemijski inštitut. IZH je vršil tudi preiskave na kanalizacijski sistemih in komunalnih čistilnih napravah. Biološki laboratorij je tako konec šestdesetih let prenehal delovati, v kemijskem laboratoriju pa smo se posvetili predvsem onesnaženim vodam.

Kemijski laboratorij tako sedaj predvsem podpira pedagoško delo pri vseh predmetih in diplomah, pri katerih sodelujemo pri izobraževanju univerzitetnih diplomiranih inženirjev gradbeništva hidrotehnične smeri, pri univerzitetnih diplomiranih inženirjih vodarstva in komunalnega inženirstva in pri diplomiranih inženirjih gradbeništva, to so predmeti *Vodovod, Kanalizacija, Čiščenje pitnih voda, Čiščenje odpadnih voda in Zaščita voda*. V laboratoriju se študentje spoznajo z osnovnimi tehnološkimi parametri, ki so potrebni za dimenzioniranje naprav zdravstvene hidrotehnične, predvsem pa čistilnih naprav za odpadno vodo.

Na IZH sta danes zaposlena dva učitelja, dva asistenta (z 1/3 + 2/3 pedagoško zaposlitvijo), štirje mladi raziskovalci, laborant in strokovni sodelavec ter večje število (9) sodelavcev s skrajšano (dopolnilno) zaposlitvijo.

Med letoma 2004 in 2005 smo v kletnih prostorih in ob stavbi postavili še odprto in zaprto preskuševališče s pilotnimi napravami, leta 2008 pa smo iz finančnih sredstev FGG obnovili pohištvo in opremo v obeh laboratorijih.

Danes v kemijskem laboratoriju IZH v manjšem obsegu opravljamo meritve na vodotokih, monitoring komunalnih čistilnih naprav ter analize industrijskih in komunalnih odpadnih voda, izcednih voda iz deponij in aktivnega blata iz komunalnih čistilnih naprav. Laboratorij je opremljen z modernimi napravami in aparati, ki se danes zahtevajo za izvajanje preskusov v skladu s standardi. Izvajamo standardne, elektrometrične in spektrofotometrične metode analize vzorcev. Zagotavljamo predpisano natančnost in točnost rezultatov preskusa. Laboratorijske meritve opravljamo sami in s pogodbenimi



Slika 1 • Pogled v kemijski laboratorij



Slika 2 • Instrumenti v laboratoriju



Slika 3 • Pogled na zunanje preskuševališče



Slika 4 • Pogled v kletni laboratorij

podizvajalci. Vse večji pomen pa dajemo delu pri raziskovalni in aplikativni dejavnosti inštituta s področja zdravstvene hidrotehnike in zaščite voda. Laboratorij in pilotno čistilno

napravo pred njim tako uporabljajo študentje podiplomskega študija hidrotehnične smeri in univerzitetnega podiplomskega študija varstva okolja (UPŠVO). Med njimi so različni profili,

kot npr. kemiki, zdravstveni hidrotehniki in biologi. Slike prikazujejo posodobljen kemijski laboratorij in zunanje preskuševališče s pilotnimi napravami.

ZAHVALA

ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE SE ZAHVALJUJE VSEM DONATORJEM PRISPEVKOV IZ DOHODNINE V LETU 2008

NAPOVEDNIK

Dogodek:

Zaključni seminar projektov SPENS (Sustainable Pavements for European New Member States) in ARCHES (Assessment and Rehabilitation of Highway Structures) iz 6. okvirnega programa Evropske komisije

Uradni jezik: angleški

Organizator: Zavod za gradbeništvo Slovenije

Datum: 27. in 28. avgust 2009

Lokacija: Austria Trend Hotel Ljubljana, Dunajska 154, 1000 Ljubljana

Prijave so možne prek spletne strani: <http://certain.fehrl.org/registration/>

Kotizacije ni.

Seminar sicer finančno podpira projekt iz 6. Okvirnega Programa Evropske komisije **CERTAIN**, katerega primarni cilj je širjenje rezultatov tovrstnih projektov med uporabnike.

Projekt **SPENS** se ukvarja z vozišči, **ARCHES** se ukvarja z objekti na cestah, predvsem se osredotoča na mostove. Združeni s projektom CERTAIN tvorijo grozd projektov namenjen novim in bodočim članicam Evropske Unije, ki je vreden približno **7 mio EUR**.

Dodatne informacije:

Nina Gartner

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

T: (01) 2804 388

E: nina.gartner@zag.si

Polonca Štritof,

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

T: (01) 2804 280

E: polonca.stritof@zag.si

ZADNJI PRIPRAVLJALNI SEMINAR IN IZPITNI ROK ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2009

S E M I N A R		I Z P I T	
Časovni termin		Osnovni in dopolnilni	Revidiranje
Oktober	5.–7. (3 dni)		20.
November		10.	

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Seminar organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana;**

Telefon: (01) 52-40-200; Fax: (01) 52-40-199; e-naslov: gradb.zveza@siol.net.

Uradne ure pri ZDGITS: ponedeljek, torek, četrtek: od 10.00 do 14.00 ure; v sredo od 12.00 do 16.00 ure!

V petek NI URADNIH UR za stranke!!!

Seminar vključuje **izpitne programe** za:

1. odgovorno projektiranje (osnovni in dopolnilni strok. izpit)
2. odgovorno vodenje del (osnovni in dopolnilni strok. izpit)
3. odgovorno vodenje posameznih del
4. Investicijski procesi in vodenje projektov (za dopolnilni strokovni izpit).

Predavanje se odvija v okviru rednih seminarjev.

*(Vsi posamezni programi so dostopni na spletni strani IZS – MSG:
<http://www.izs.si>, v rubriki »Strokovni izpiti«)*

Cena za udeležbo na seminarju (za predavanje in literaturo) po izpitnih programih 1., 2. in 3. točke znaša 613,00 EUR z DDV, pod 4. točko pa 87,63 EUR z DDV.

Kotizacijo za seminar je treba nakazati ob prijavi na poslovni račun ZDGITS: **SI56 0201 7001 5398 955**, kopijo dokazila o plačilu pa priložiti k prijavi!

Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec...). Prijavo je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) najkasneje **15 dni pred pričetkom** seminarja (z obvezno priložo dokazila o plačani kotizaciji)!

Prijavni obrazec je mogoče dobiti pri ZDGITS.

Seminar ni obvezen, zato je izvedba seminarja odvisna od števila prijav (najmanj 20).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije je mogoče dobiti na spletni strani IZS <http://www.izs.si> (kjer se nahajajo vse informacije o strokovnih izpiti in izpitni programi) in po telefonu (01) 547-33-15 ob uradnih urah (ponedeljek, sredo, četrtek, petek: od 08.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure)

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Zoran Ofak, Tehnična, tehnološka in cenovna primerjava lastnosti in vgradnje kanalizacijskih cevi, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan

Tadej Brežan, Izdelava hidravličnega matematičnega modela vodovodnega sistema mesta Piran, mentor prof. dr. Boris Kompare, somentor asist. dr. Matej Uršič

Grega Bajželj, Analiza rentabilnosti uporabe mobilne betonarne, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Gregor Mesarič, Zamude pri gradnji kot posledica neustreznega planiranja projekta, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Sanel Djedović, Analiza gradnje skladiščnega objekta za avtomobile v Luki Koper, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Danijel Kavčič, Idejna zasnova variantnih rešitev lokalne ceste Rožna Dolina–Nova Gorica, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc, somentor asist. mag. Robert Rijavec

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Tomaž Žagar, Izgradnja malih čistilnih naprav za razpršeno gradnjo v ljubljanski urbani regiji, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor doc. dr. Darko Drev

Lucija Zwölff, Analiza najemnin v Republiki Sloveniji – primer mestne občine Ljubljana, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Matej Božič, Kompatibilnost in sprijemna trdnost s polimeri modificiranega betona in podlage, mentor doc. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov

Jure Božič, Ocena potresnega odziva in projektiranje armiranobetonskega nadvoza v skladu s standardom Evrokod 8/2, mentor izr. prof. dr. Tatjana Isaković, somentor izr. prof. dr. Janko Logar

Anže Perko, Snežni plazovi v Sloveniji, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor viš. pred. dr. Tomo Cerovšek

Miha Juvan, Potrebe in možnosti za uvajanje sistemov daljinskega ogrevanja na ruralnih območjih, mentor izr. prof. dr. Albin Rakar, somentor izr. prof. dr. Nike Kranjc

Nika Jereb, Prostorski razvoj krajevne skupnosti Lig s poudarkom na ohranjanju in obnovi stavbne dediščine, mentor izr. prof. dr. Albin Rakar, somentor izr. prof. dr. Nike Kranjc

Matej Kodelj, Študija učinkovitosti superplastifikatorjev za zagotavljanje obstojnosti črpanih betonov, mentor doc. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor Metod Mrzlikar

Boštjan Kočar, Zbiranje podatkov za prometno planiranje z GSM sledenjem, mentor doc. dr. Marijan Žura

Jernej Radovac, Idejna zasnova povezovalne ceste Padna–Sečovlje, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc

Miha Smole, Primerjava med zaporednim in simultanim modelom, mentor doc. dr. Marijan Žura

Matej Škrl, Analiza nosilnosti pilotov, izdelanih z neskončnim svedrom, na objektu Makiš II, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor Uroš Brecelj

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Matej Kušar, Razvoj večkriterijskega odločitvenega modela za izbiro ukrepov pri obnovi stavb, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Anja Horvat, Vloga snega v hidrološkem krogu na porečju Save, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor doc. dr. Mojca Šraj

Luka Štravs, Razvoj modelov napovedi nizkih pretokov na vtokih v hidroelektrarne na reki Savi, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor doc. dr. Mojca Šraj

Neža Kodre, Analiza primernosti in možnosti uporabe metod vrednotenja naravnih dobrin – primer: Vrednotenje podtalnice Krškega polja, mentor izr. prof. dr. Zarijan Fabjančič, somentor izr. prof. dr. Albin Rakar

Marta Malus, Primerjalna analiza in predlog obdelave in predlog obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov na primeru ljubljanske regije, mentor izr. prof. dr. Viktor Grilc

Jošt Sodnik, Matematično modeliranje drobirskih tokov in priprava podrobnih kart nevarnosti, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor prof. dr. Matjaž Četina

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVO IN KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Sabina Kolbl, Prezračevalni sistemi na KČN in njihova primerjava na CČN Ljutomer in Murska Sobota, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor dr. Darko Drev

Jernej Hercog, Ocena možnosti izboljšave delovanja ČN mlekarske industrije, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor dr. Darko Drev

Matej Čehovin, Uporaba UV svetlobe v zdravstveni hidrotehniko-tehnološki, tehnični in inženirski vidiki, mentor prof. dr. Boris Kompare

Peter Lebar, Plovba na reki Ljubljanici v kontekstu varovanja Natura 2000, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor pred. mag. Aleš Golja

Jakob Saksida, Ocena vplivov valovanja morja na območju kopališča Portorož, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor asist. Nejc Pogačnik

MAGISTRSKI ŠTUDIJ VARSTVA OKOLJA

Simona Šalej, Načrtovanje integriranega ravnanja z odpadnimi blati in biorazgradljivimi odpadki v Gorenjski regiji, mentor izr. prof. dr. Viktor Grilc

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Tadej Fister, Merjenje notranjih deformacij v cementnih maltah, mentor viš. pred. mag. Andrej Ivanič

Matej Košuta, Meritev vertikalnih pomikov mostu s poudarkom na odkrivanju deformacij, mentor doc. dr. Boštjan Kovačič, somentor Rok Kamnik, univ. dipl. inž. geod.

David Sobočan, Lastnosti tople in obrnjene ravne ekstenzivno ozelenjene strehe, mentor doc. Uroš Lobnik

Milena Šadi, Izvedba nadvoza 4 – 4 na avtocestnem odseku Beltinci–Lendava, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor dr. Nataša Šuman

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Samir Suljkanović, Načrt ravnanja z odpadki na gradbišču »Vzdrževalna avtocestna baza Maribor na AC odseku Slivnica–Pesnica«, mentor doc. dr. Branka Trček

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

Aleš Dimec, Optimizacija temeljne plošče, mentorja red. prof. dr. Branko Bedenik – FG in izr. prof. dr. Mejra Festić – EPF, somentor viš. pred. Milan Kuhta

Nataša Teraž, Študij sklopljenega prenosa toplote in vlage v zelenih strehah, mentorja izr. prof. dr. Dean Korošak – FG in red. prof. dr. Jožica Knez Riedl – EPF

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovorom med ZDGITS in FGG-UL vsi diplomanti gradbenega oddelka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prejemajo Gradbeni vestnik (12 števil) eno leto brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: GRADBENI VESTNIK, Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: gradb.zveza@siol.net.

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

KOLEDAR PRIREDITEV

16.-21.8.2009

ICSMA-15

15th International Conference on the Strength of Materials

Dresden, Nemčija

www.icsma-15.org

8.-9.10.2009

SDGK 2009

Zborovanje gradbenih konstrukterjev Slovenije

Rogaška Slatina, Slovenija

www.sdgk.si

6.-11.9.2009

IABSE Annual Meetings and

IABSE Symposium

**Sustainable Infrastructure – Environment Friendly,
Safe and Resource Efficient**

Bangkok, Tajska

www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

14.-18.9.2009

CISM

**Environmental Wind Engineering
and Wind Energy Structures**

Udine, Italija

www.cism.it

20.-23.9.2009

8th International Symposium on Cable Dynamics

Pariz, Francija

<http://www.aimontefiore.org/iscd2009>

23.-25.9.2009

14th European Parking Association Congress

Dunaj, Avstrija

www.europeanparking.eu

25.9.2009

10. jubilejni Šukljetov dan

Brdo pri Kranju, Slovenija

www2.fgg.uni-lj.si

5.-9.10.2009

**17th International Conference for Soil
Mechanics and Geotechnical Engineering**

Alexandria, Egipt

www.2009icsmge-egypt.org

14.-16.10.2009

EVACES'09

**Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering
Structures**

Wroclaw, Poljska

www.evaces09.pwr.wroc.pl/index.html

11.-12.11.2009

Road Expo Scotland

Edinburgh, Škotska

<http://www.road-expo.com/re2008s/landing.html>

3.-5.5.2010

IABSE Conference

International Structural Codes

Dubrovnik, Hrvaška

www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

23.-27.5.2010

**5th International Symposium on Computational Wind
Engineering (CWE 2010)**

Chapel Hill, Severna Karolina, ZDA

www.cwe2010.org

29.5.-2.6.2010

**The Third International fib Congress and Exhibition
"Think Globally, Build Locally"**

Washington D.C., ZDA

www.fib2010washington.com

20.-23.6.2010

8th fib International PhD Symposium in Civil Engineering

Kopenhagen, Danska

<http://conferences.dtu.dk/conferenceDisplay.py?confId=21>

21.-23.7.2010

ICSA 2010

International Conference on Structures and Architecture

Guimares, Portugalska

www.arquitectura.uminho.pt

22.-24.9.2010

**34th IABSE Annual Meetings and
IABSE Symposium**

Benetke, Italija

www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

10.-15.7.2011

13th International Conference on Wind Engineering

Amsterdam, Nizozemska

www.icwe13.org

20.-23.9.2011

IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium

London, Anglija

www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, ki sprejema predloge
za objavo na e-naslov: **msg@izs.si**